

HIT: 1 OF 1, Selected: 0 OF 0

© Thomson Scientific Ltd. DWPI

© Thomson Scientific Ltd. DWPI

**Accession Number**

2002-536812

**Title Derwent**

Synchronizing system for servo control system, corrects mutual delay deviation of each cycle time, based on delay deviation amount of each timer measured by measuring unit

**Abstract Derwent**

**Novelty:** A measuring unit measures the mutual delay deviation amount of each cycle timer possessed by each node in the network. A correction unit corrects mutual delay deviation of each cycle time, based on the measured delay deviation amount.

**Use:** Synchronizing system for use with servo control system for synchronizing nodes connected in network through IEEE 1394.

**Advantage:** High speed and high precision control of cycle timers are performed efficiently, even when IEEE 1394 is used as open interface between the controller and servo drive.

**Description of Drawing:** The figure shows the processing sequence of transmission delay measurement in the synchronizing system.

**Technical Focus:** INDUSTRIAL STANDARDThe interface used in network is IEEE 1394.

**Assignee Derwent + PACO**

CHINO S	CHIN-I
MITSUBISHI DENKI KK	MITQ-S
MITSUBISHI ELECTRIC CORP	MITQ-S
NAKAI S	NAKA-I
SUZUKI K	SUZU-I
USHIO Y	USHI-I

**Assignee Original**

Mitsubishi Denki K.K.  
 MITSUBISHI ELECTRIC CORP  
 Nakai, Satoru  
 Suzuki, Kenji  
 Chino, Shinichiro  
 Ushio, Yuusuke  
 Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha  
 Nakai, Satoru  
 Suzuki, Kenji  
 Chino, Shinichiro  
 Ushio, Yuusuke

**Inventor Derwent**

CHINO S	KAYANO S
NAKAI K	NAKAI S
SUZUKI K	USHIO Y

**Patent Family Information**

US20020064185-A1	2002-05-30	DE10134166-A1	2002-06-13
JP2002164903-A	2002-06-07	US6959017-B2	2005-10-25

**First Publication Date** 2002-05-30

**Priority Information**

JP000360279 2000-11-27 US000858555 2001-05-17

**Derwent Class**

W01 W05

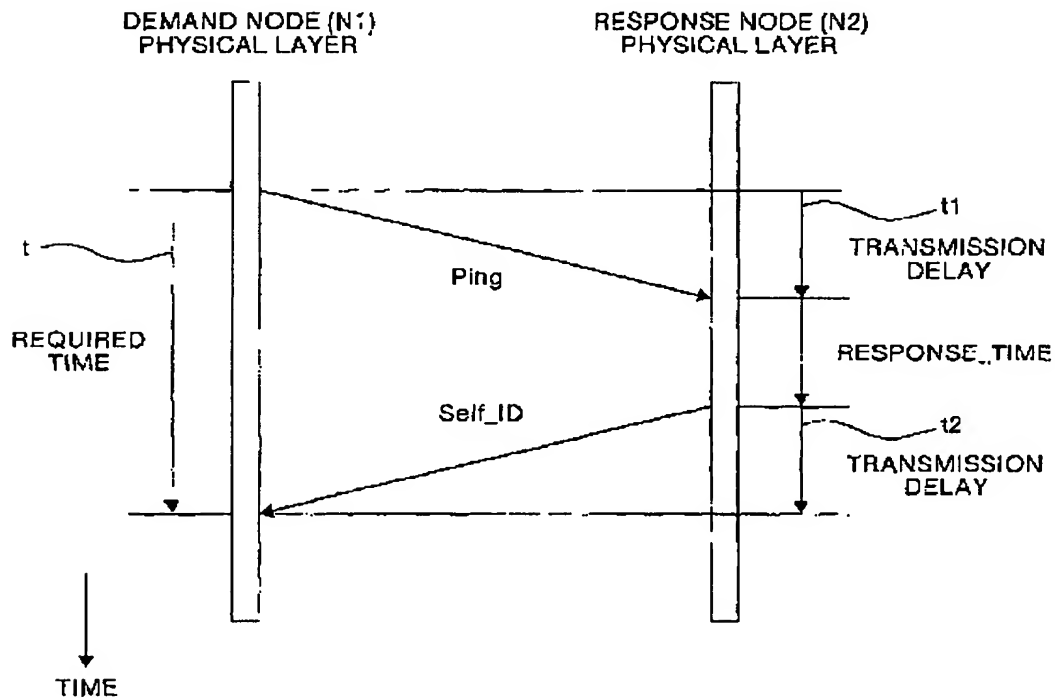
**Manual Code**

W01-A03B W01-A04 W01-A06B1  
W01-A06B5A W01-A06G2 W05-D

**International Patent Classification (IPC)**

IPC Symbol	IPC Rev.	Class Level	IPC Scope
H04J-3/06	2006-01-01	I	C
H04L-12/26	2006-01-01	I	C
H04L-7/00	2006-01-01	I	C
H04J-3/06	2006-01-01	I	A
H04L-12/26	2006-01-01	I	A
H04L-7/00	2006-01-01	I	A
H04L-12/64	2006-01-01	N	C
H04L-12/64	2006-01-01	N	A

**Drawing**



23.01.08



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 34 166 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:  
H 04 L 7/04

⑳ Aktenzeichen: 101 34 166.0  
㉔ Anmeldetag: 13. 7. 2001  
㉕ Offenlegungstag: 13. 6. 2002

DE 101 34 166 A 1

③0 Unionspriorität:  
2000-360279 27. 11. 2000 JP  
⑦1 Anmelder:  
Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP  
⑦4 Vertreter:  
HOFFMANN EITLE, 81925 München

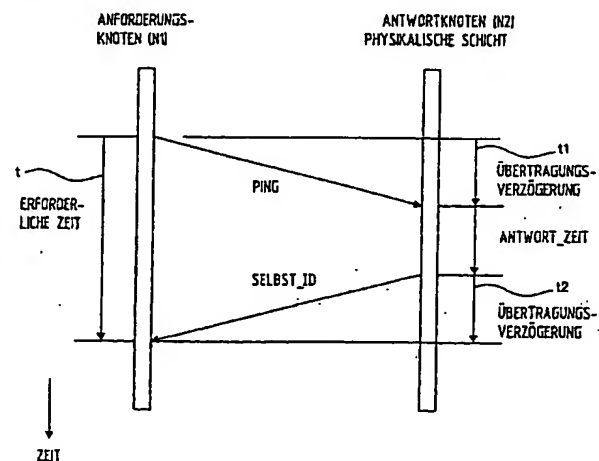
⑦2 Erfinder:  
Nakai, Satoru, Tokyo, JP; Suzuki, Kenji, Tokyo, JP;  
Chino, Shinichiro, Tokyo, JP; Ushio, Yuusuke,  
Tokyo, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

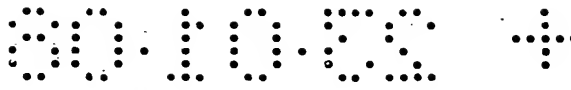
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Synchronisierungssystem und Verwendung von IEEE1394

⑤7 Eine Übertragungsverzögerung wird durch Übertragen eines Ping-Pakets, auf das in der physikalischen Schicht geantwortet werden kann, von einem Anforderungsknoten (N1) zu einem Antwortknoten (N2) bestimmt. Es erfolgt die Messung einer Zeit, die von der Übertragung des Ping-Pakets durch den Anforderungsknoten (N1) bis zu der Zurückgabe eines Selbst\_ID-Pakets gemäß dem Ping-Paket zu dem Anforderungsknoten (N1) erforderlich ist. Die Verzögerungsabweichungsgröße zwischen den Zykluszeitgebern des Anforderungsknotens (N1) und des Antwortknotens (N2) wird durch diese Übertragungsverzögerung kompensiert. Die Verzögerungsabweichungsgröße kann auch durch Verwendung des Zeitstempels kompensiert werden.



DE 101 34 166 A 1



## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein ein Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 mit der Fähigkeit zum Messen und Kompensieren der Zykluszeitgeberverzögerung zwischen Knoten in einem System unter Verwendung des IEEE1394 als Datenübertragungsvorrichtung eines Netzwerks. Insbesondere betrifft diese Erfindung ein Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 mit der Fähigkeit zum Messen und Kompensieren der Zykluszeitgeberverzögerung zwischen dem Controller und einer Steuerobjekteinrichtung bei Verwendung von IEEE1394 als Datenübertragungsvorrichtung eines Netzwerks, in einem Steuersystem bestehend aus einem oder mehreren Controllern und einem oder mehreren Steuerobjekteinrichtungen wie einem Sensor und einem Servomotor.

[0002] Bisher unterschieden sich das Kommunikationsverfahren zwischen einem Controller und einem Servomotor bzw. Antrieb von einem Hersteller zu dem anderen. Seit kurzem gibt es andererseits eine ansteigende Anforderung für "offene Produkte" auch in dem Bereich der Controller für die Fabrikautomatisierung. Da offene Controller weit verbreitet sind, wird der Entwurf einer Originalspezifikation des Anwenders und die Anwendung von Allzweck-Personal-Computer-Ressourcen realisiert, und die Verbindung zwischen Produkten unterschiedlicher Hersteller ist einfacher, und die Bequemlichkeit für Anwender ist verbessert.

[0003] Als eine offene Schnittstelle zwischen Controller und Servoantrieb wird die Anwendung von IEEE1394 oder USB in Betracht gezogen. Insbesondere wird in großem Umfang versucht, IEEE1394, den Netzwerkstandard für Haushaltsautomatisierung, in den Bereich der Fabrikautomatisierung anzuwenden. Merkmale von IEEE1394 umfassen die folgenden:

- (1) Eine hochschnelle Datenübertragung mit mehr als 100 Mbytes/sec ist möglich.
- (2) Ein isochrones Übertragungssystem ist möglich, und eine synchrone Kommunikation mit schneller Kommunikationsperiode wird realisiert.
- (3) Eine Verbindung oder ein Abtrennen ist möglich, ohne die Energiequelle abzuschalten (Ablösen der im Betrieb befindlichen Leitung, was als "Plug and Play" oder "Hot Plug" bezeichnet wird).
- (4) Bis zu 63 Einrichtungen können verbunden werden.

[0004] Ferner wird durch Massenproduktionswirkungen erwartet, dass der Schnittstellenabschnitt mit niedrigeren Kosten hergestellt wird. Zusätzlich ist es aufgrund der Tatsache, dass das Schnittstellensubstrat kleiner als das Ethernet ist, möglich, einen Einbau in zahlreiche Einrichtungen zu bewirken.

[0005] Die Fig. 23 zeigt ein Diagramm zum Darstellen einer Kommunikationsstruktur nach IEEE1394. Wie in Fig. 23 gezeigt, enthält die Kommunikationsstruktur nach IEEE1394 drei Schichten, die physikalische Schicht 101, die Verbindungsschicht 102 und die Transaktionsschicht 103, und ebenso ein seriellles Busmanagement 104.

[0006] Die physikalische Schicht 101 ist eine Schicht zum Verarbeiten von Signalen zwischen übertragenen und empfangenen elektrischen Signalen und der Verbindungsschicht. Die physikalische Schicht 101 bezeichnet die mechanische Schnittstelle, wie einen Verbinder und Kabel, und sie bewirkt ein Kodieren und Dekodieren für eine analoge und digitale Umsetzung von Logiksignalen, die in der Verbindungsschicht 102 verwendet werden, bezeichnet die elektri-

sche Schnittstelle, wie einen Signalpegel zum Bestimmen des elektrischen Pegels der Kommunikationssignale, bewirkt ein Schichten zum Bestimmen des Kommunikationsscodes, ein Neusynchronisieren der Kommunikationsverriegelung, und sie detektiert die Initialisierung des Busses.

[0007] Die Verbindungsschicht 102 ist eine Schicht zum Verarbeiten von Signalen zwischen der physikalischen Schicht 101 und der Transaktionsschicht 103. Die Verbindungsschicht 102 allokiert Adressen, prüft Daten, überträgt und empfängt Pakete zum Aufteilen der Daten in Rahmen und steuert den Zyklus.

[0008] Zwischenzeitlich erfolgt eine Verarbeitung isochroner Daten ohne Führen über die Transaktionsschicht.

[0009] Die Transaktionsschicht 103 ist eine Schicht zum Verarbeiten von Signalen zwischen der Hauptanwendung und der Verbindungsschicht 102. Die Transaktionsschicht 103 liest und schreibt Daten. D. h., die Transaktionsschicht 103 überträgt unter Verwendung der Verarbeitung der Verbindungsschicht 102 das Anforderungspaket und empfängt das Antwortpaket, wodurch ein Kommunikationsvorgang zu dem bezeichneten Knoten der bezeichneten Adresse verarbeitet wird. Im Gegensatz hierzu empfängt sie auch das Anforderungspaket und überträgt das Antwortpaket, wodurch die Kommunikation von einem anderen Knoten zu dem eigenen Knoten verarbeitet wird.

[0010] Das serielle Busmanagement 104 steuert die gesamten drei Schichten. Bei einer typischen Kommunikationsschichtstruktur bestehen die physikalische Schicht 101 und die Verbindungsschicht 102 aus Hardware, und die Transaktionsschicht 103 und das serielle Busmanagement 104 bestehen aus Firmware.

[0011] Eine asynchrone Kommunikation von IEEE1394 wird bei der asynchronen Datenkommunikation verwendet. Bei der asynchronen Kommunikation ist eine sichere Übertragung eines Pakets zu dem Partnerknoten garantiert, jedoch ist die Übertragungsverzögerungszeit nicht gewährleistet. Der Übertragungsknoten überträgt die Kopfteil- bzw. Headerinformation und tatsächliche Daten zu dem Knoten bei dem Bestimmungsziel, und der Empfangsknoten gibt ein Bestätigungspaket für die Mitteilung zurück, dass das Paket empfangen ist.

[0012] Isochrone Kommunikation nach IEEE1394 ist eine Art von synchroner Kommunikation, und sie eignet sich für die Übertragung von einem Bewegtbild und Klang. Bei der isochronen Kommunikation ist garantiert, dass die Datenübertragung abgeschlossen ist, immer bei 125 µsec. Der Übertragungsknoten des isochronen Pakets ist nicht zum Übertragen zu einem spezifischen Knoten, sondern zum Übertragen zu dem Gesamtbuss unter Verwendung der Kanalnummern 0 bis 63, und der Empfangsknoten gibt nicht das Bestätigungspaket zurück. Der Kopfteil des isochronen Pakets kann das Paket unter Verwendung 6-bit-Kanalnummer identifizieren, und demnach ist es einfacher im Vergleich zu dem Headerteil eines asynchronen Pakets, das einen 64-bit-Adressraum verwendet, und die Headerinformation lässt sich sichern. Der Empfangsknoten bewirkt eine Auswahl und Aufnahme des isochronen Pakets der Kanalnummer, für die der Empfang in dem eigenen Knoten gewünscht wird. Wenn der Übertragungsknoten und der Empfangsknoten Daten unter Verwendung derselben Kanalnummer übertragen und empfangen, ist die isochrone Kommunikation eingerichtet.

[0013] Wie in Fig. 24 gezeigt, ist eine Koexistenz der isochronen Kommunikation und der asynchronen Kommunikation möglich. Von den 125 µsec eines Zyklus können maximal 100 µsec für die isochrone Kommunikation verwendet werden, und der Rest wird für die asynchrone Kommunikation verwendet. Der Maximalwert der Datennutzlast des

[0025] Ferner ist bei dem oben erwähnten Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 das Paket, das von dem Anforderungsknoten zu dem Antwortknoten gesendet wird, ein Ping Paket, und das von dem Antwortknoten zu dem Anforderungsknoten zurückgegebene Paket ist ein Selbst\_ID Paket.

[0026] Demnach wird aufgrund der Tatsache, dass das von dem Anforderungsknoten zu dem Antwortknoten gesendete Paket ein Ping Paket ist, und das von dem Antwortknoten zu dem Anforderungsknoten zurückgegebene Paket ein Selbst\_ID Paket ist, die Paketantwort in der physikalischen Schicht des Antwortknotens realisiert.

[0027] Ferner ist das oben erwähnte Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 derart ausgebildet, dass das von dem Anforderungsknoten zu dem Antwortknoten gesendete Paket ein Fernzugriffspaket ist, und dass das von dem Antwortknoten zu dem Anforderungsknoten zurückgegebene Paket ein Fernantwortpaket ist.

[0028] Da das von dem Anforderungsknoten zu dem Antwortknoten gesendete Paket ein Fernzugriffspaket ist und das von dem Antwortknoten zu dem Anforderungsknoten zurückgegebene Paket ein Fernantwortpaket ist, wird die Paketantwort in der physikalischen Schicht des Antwortknotens realisiert.

[0029] Ferner ist das oben erwähnte Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 so ausgebildet, dass das von dem Anforderungsknoten zu dem Antwortknoten gesendete Paket ein Fernbefehlspaket ist, und dass das von dem Antwortknoten zu dem Anforderungsknoten zurückgegebene Paket ein Fernbestätigungspaket ist.

[0030] Da das von dem Anforderungsknoten zu dem Antwortknoten gesendete Paket ein Fernbefehlspaket ist und das von dem Antwortknoten zu dem Anforderungsknoten zurückgegebene Paket ein Fernbestätigungspaket ist, wird die Paketantwort in der physikalischen Schicht des Antwortknotens realisiert.

[0031] Ferner überträgt die in dem oben erwähnten Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit ein Lesepaket von einem Anforderungsknoten zu einem Antwortknoten, sie liest den Zykluszeitgeberwert des Antwortknotens, und wenn der Anforderungsknoten ein Leseantwortpaket einschließlich dieses gelesenen Zykluszeitgeberwertes empfängt, erfolgt die Berechnung der Verzögerungsabweichungsgröße auf der Grundlage der Differenz zwischen dem empfangenen Zykluszeitgeberwert und dem Zykluszeitgeberwert des Anforderungsknotens.

[0032] Demnach überträgt die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit ein Lesepaket von einem Anforderungsknoten zu einem Antwortknoten, sie liest den Zykluszeitgeberwert des Antwortknotens, und wenn der Antwortknoten ein Leseantwortpaket einschließlich dieses gelesenen Zykluszeitgeberwertes empfängt, erfolgt die Berechnung der Verzögerungsabweichungsgröße auf der Grundlage der Differenz zwischen dem empfangenen Zykluszeitgeberwert und dem Zykluszeitgeberwert des Anforderungsknotens.

[0033] Ferner enthält bei dem oben erwähnten Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 der Anforderungsknoten eine Beurteilungseinheit zum Beurteilen, ob eine Serie der Folge von der Übertragung des Lesepakets bis zu der Rückgabe des Leseantwortpakets abgeschlossen ist oder nicht, und zwar innerhalb derselben asynchronen Übertragungszeitzone, die die Zeitzone derselben asynchronen Übertragung darstellt, und beurteilt die Beurteilungseinheit den Abschluss innerhalb derselben asynchronen Übertragungszeitzone, so wird ein Lesepaket zu dem Antwortknoten ausgesandt.

[0034] Demnach beurteilt die Beurteilungseinheit des An-

forderungsknotens, ob eine Serie der Abfolge vom Übertragen des Lesepakets bis zu der Rückgabe des Leseantwortpakets abgeschlossen ist oder nicht, und zwar innerhalb einer selben asynchronen Übertragungszeitzone, die die Zeitzone derselben asynchronen Übertragung darstellt, und beurteilt die Beurteilungseinheit den Abschluss innerhalb derselben asynchronen Übertragungszeitzone, so wird ein Lesepaket zu dem Antwortknoten ausgesandt, so dass das Leseantwortpaket innerhalb derselben asynchronen Übertragungszeitzone zurückgegeben werden kann.

[0035] Ferner umfasst in dem oben erwähnten Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 eine obere Schicht des Antwortknotens eine Beurteilungseinheit zum Beurteilen, ob eine asynchrone Übertragungszeitzone als Zeitzone der asynchronen Übertragung vorliegt, und beurteilt die Beurteilungseinheit das Vorliegen einer asynchronen Übertragungszeitzone, so akkumuliert die obere Schicht das Leseantwortpaket in einem Übertragungspuffer.

[0036] Demnach beurteilt die Beurteilungseinheit der oberen Schicht des Antwortknotens, ob eine asynchrone Übertragungszeitzone als Zeitzone der asynchronen Übertragung vorliegt oder nicht, und beurteilt die Beurteilungseinheit das Vorliegen einer asynchronen Übertragungszeitzone, so akkumuliert die obere Schicht das Leseantwortpaket in einem Übertragungspuffer (TX\_FIFO), so dass der Leseantwortpuffer unmittelbar zu dem Anforderungsknoten zurückgegeben werden kann, ohne langes Verbleiben in dem Übertragungspuffer.

[0037] Ferner umfasst in dem oben erwähnten Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 eine Verbindungsschicht des Antwortknotens eine Schreibeinheit, die Daten in das Paket unmittelbar vor dem Aussenden des Pakets schreibt, und unmittelbar, bevor das Leseantwortpaket von dem Verbindungsschichtpuffer ausgesendet wird, wird der Zykluszeitwert des entsprechenden Antwortknotens in das Leseantwortpaket der Schreibeinheit geschrieben.

[0038] Demnach schreibt die Schreibeinheit der Verbindungsschicht des Antwortknotens den Zykluszeitwert des zugeordneten Antwortknotens in das Leseantwortpaket unmittelbar, bevor das Leseantwortpaket von dem Verbindungsschichtpuffer ausgesendet wird.

[0039] Ferner hat in dem oben erwähnten Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 jeder Knoten einen Zykluszeitgeber-Verzögerungsspeicher zum Speichern der Verzögerungsabweichungsgröße.

[0040] Demnach speichert der Zykluszeitgeber-Verzögerungsspeicher jedes Knotens die Verzögerungsabweichungsgröße, und er erfasst die Verzögerungsabweichungsgröße zumindest durch Zugang von einem anderen Knoten.

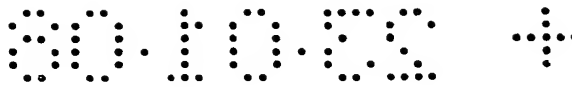
[0041] Ferner speichert in dem oben erwähnten Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 der Zykluszeitgeber-Verzögerungsspeicher die Verzögerungsabweichungsgröße zwischen allen Knoten in einem Datatabellenformat.

[0042] Demnach speichert der Zykluszeitgeber-Verzögerungsspeicher die Verzögerungsabweichungsgröße zwischen allen Knoten in einem Datatabellenformat.

[0043] Ferner ist in dem oben erwähnten Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 der Zykluszeitgeber-Verzögerungsspeicher in dem Knoten als eine Zykluszeithaupteinheit (engl.: cycle master) vorgesehen.

[0044] Demnach ist der Zykluszeitgeber-Verzögerungsspeicher in dem Knoten als Zykluszeithaupteinheit vorgesehen.

[0045] Weiterhin enthält das oben erwähnte Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 ferner eine Netzwerkstrukturänderungs-Beurteilungseinheit zum Beurteilen einer Änderung in der Netzwerkstruktur, in der, sofern



asynchronen Pakets wird bestimmt zum Vermeiden eines Fehlers unter Gewährleistung der isochronen Kommunikation aufgrund einer zu langen Übertragungszeit für asynchrone Daten.

[0014] Die isochrone Übertragungszeitzone ist ein Band für die isochrone Kommunikation, und die asynchrone Übertragungszeitzone ist ein Band für die asynchrone Kommunikation. Wie in Fig. 24 gezeigt, startet die isochrone Kommunikation immer vor der asynchronen Kommunikation, so dass sich die isochrone Kommunikation gewährleisten lässt. Bei einem Zyklus, nachdem ein Zyklusstartpaket D5 übertragen wird, siehe Fig. 24, wird ein Datenpaket D1 des Kanals CH1 und ein Datenpaket D2 des Kanals CH2 in der isochronen Übertragungszeitzone übertragen. Später, in der asynchronen Übertragungszeitzone, werden Datenpakete D3, D4 übertragen, jedoch wird das Bestätigungspaket DA zu diesen Datenpaketen D3, D4 zurückgegeben.

[0015] Bei jedem Knoten von IEEE1394 ist die Verbindungsschicht zum Anbinden eines Knotens mit einer isochronen Fähigkeit mit einem ZYKLUS\_ZEIT-Register versehen, zum Synchronisieren im Takt mit dem Bus, und sie weist einen Zeitgeber auf, zum Aktualisieren des Inhalts dieses ZYKLUS\_ZEIT-Registers. Dieser Zeitgeber wird als Zykluszeitgeber bezeichnet. Die Zeit des ZYKLUS\_ZEIT-Gebers wird durch das Zyklusstartpaket gesetzt. Bei IEEE1394 wird der Knoten zum Übertragen des Zyklusstartpakets als Zyklushaupteinheit (engl. cycle master) bezeichnet, und die sich von dieser Zyklushaupteinheit zu unterscheidenden anderen Knoten werden als Zyklusnebeneinheiten bezeichnet.

[0016] D. h., wie in Fig. 25 und Fig. 26 gezeigt, wird durch Einfügen der Zeit der Zykluszeitgeber 112, 132, im Besitz der Zyklushaupteinheiten 111, 131, in das Zyklusstartpaket und durch Übertragung zu den Knoten (Zyklusnebeneinheiten) 121, 141, 151, die Zeit der Zykluszeitgeber 122, 142, 152, im Besitz der Knoten 121, 141, 151, zu derselben Zeit gesetzt, wie bei den Zykluszeitgebern 112, 132, die in dem Besitz der Zyklushaupteinheiten 111, 131 sind.

[0017] Echtzeitdatenübertragung unter Verwendung von IEEE1394 wird durch das isochrone Paket übertragen, jedoch erfolgt ein Synchronisieren der Daten bei der Übertragungsseite und der Empfangsseite unter Bezug auf den Zykluszeitgeber. Als ein Verfahren für die Synchronisation wird beispielsweise ein Zeitstempel in das isochrone Paket eingefügt.

[0018] Tatsächlich tritt jedoch eine Verzögerung bei der Übertragung auf, und die Zykluszeitgeber des übertragungsseitigen Knotens und des empfangsseitigen Knotens sind im Hinblick auf die Zeit nicht präzise abgestimmt. D. h., zu dem Zeitpunkt, zu dem die Zeit des Zykluszeitgebers durch Empfang des Zyklusstartpakets bei dem Antwortknoten festgelegt wird, ist die Zeit bei dem Zykluszeitgeber des anfordernden Knotens bereits um den Abschnitt des Zeitabstands fortgeschritten, und aufgrund der Übertragungsverzögerung lässt sich der übertragungsseitige Knoten und der empfangsseitige Knoten nicht exakt synchronisieren.

[0019] Insbesondere im Hinblick auf das Steuersystem unter Verwendung des mit IEEE1394 verbundenen Netzwerks sind der Controller und der Servomotor in bezug auf diese Zykluszeitgeber synchronisiert. Jedoch sind in dem Steuersystem eine hohe Geschwindigkeit und eine hohe Präzision erforderlich, insbesondere eine hohe Geschwindigkeit und eine hohe Präzision bei der Synchronisation bei der Steuerung, und eine derartige Zeitgeberverzögerung zwischen dem Controller und dem Servoantrieb kann zu ernsthaften Wirkungen bei hoher Geschwindigkeit und hoher Genauigkeit der Steuerung führen, insbesondere bei hoher Geschwindigkeit und hoher Geschwindigkeit der synchronen

Steuerung.

[0020] Ein technischer Problem dieser Erfindung besteht in der Vorstellung eines Synchronisierungssystems unter Verwendung von IEEE1394 mit der Fähigkeit zum Kompensieren der Zeitgeberverzögerung der Zykluszeitgeber bei dem übertragungsseitigen Knoten und dem empfangsseitigen Knoten, und der Realisierung einer Steuerung mit hoher Geschwindigkeit und hoher Präzision, insbesondere einer synchronen Steuerung mit hoher Geschwindigkeit und hoher Präzision, selbst wenn IEEE1394 verwendet wird, und zwar als offene Schnittstelle zwischen dem Controller und dem Servoantrieb.

[0021] Das Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 der Erfindung ist ein Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 zum Synchronisieren zwischen Knoten in einem Netzwerk, die unter Verwendung von IEEE1394 verbunden sind. Das Synchronisierungssystem enthält eine Zykluszeitgeber-Verzögerungsmesseinheit zum Messen der wechselseitigen Verzögerungsabweichungsgröße jedes von einem Knoten umfassten Zykluszeitgeber, und eine Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit zum Korrigieren der wechselseitigen Verzögerungsabweichung jeder Zykluszeit auf der Grundlage der Verzögerungsabweichungsgröße, gemessen durch die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit.

[0022] Gemäß der Erfindung misst bei einer Synchronisierung der Knoten in dem Netzwerk, die unter Verwendung von IEEE1394 verbunden sind, die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit die Verzögerungsabweichungsgröße zwischen den Zykluszeitgebern jedes Knoten, und die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit korrigiert die Abweichungsverzögerung zwischen den Zeitgebern auf der Grundlage der Verzögerungsabweichungsgröße, wie sie von der Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit gemessen ist.

[0023] Ferner bewirkt bei dem oben erwähnten Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit, sofern die Verzögerungsabweichungsgröße zwischen einem Anforderungsknoten und einem Antwortknoten gemessen wird, ein Übertragen eines Pakets, das von dem Antwortknoten als Antwort zurückgegeben werden kann, und zwar in einer physikalischen Schicht von dem Anforderungsknoten zu dem Antwortknoten, und sie misst die erforderliche Zeit von der Übertragung des Pakets durch den Anforderungsknoten bis zu der Rückgabe des Pakets durch die physikalische Schicht des Antwortknotens, gemäß der das Paket zu dem Anforderungsknoten zurückgegeben wird, und sie berechnet die Verzögerungsabweichungsgröße unter Verwendung des Maximalwerts, des Minimalwerts, des Durchschnitts oder des gewichteten Durchschnitts der Antwortseite der physikalischen Schicht selbst des Antwortknotens.

[0024] Demnach bewirkt die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit bei einem Messen der Verzögerungsabweichungsgröße zwischen einem Anforderungsknoten und einem Antwortknoten das Übertragen eines Pakets, das durch den Antwortknoten als Antwort zurückgegeben werden kann, und zwar in einer physikalischen Schicht von Anforderungsknoten zu dem Antwortknoten, und sie misst die erforderliche Zeit anhand der Übertragung des Pakets durch den Anforderungsknoten zu der Rückgabe des Pakets über die physikalische Schicht von dem Antwortknoten, gemäß der das Paket zu dem Anforderungsknoten zurückgegeben wird, und sie berechnet die Verzögerungsabweichungsgröße unter Verwendung des Maximalwerts, Minimalwerts, Durchschnitts oder gewichteten Durchschnitts der Antwortseite der physikalischen Schicht selbst von dem Antwortknoten.

die Netzwerkstrukturänderungs-Beurteilungseinheit die Änderung der Netzwerkstruktur beurteilt, nach der Restrukturierung des Netzwerks, die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit die wechselseitige Verzögerungsabweichungsgröße der Zykluszeitgeber misst, und die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit korrigiert die wechselseitige Verzögerungsabweichung der Zykluszeitgeber auf der Grundlage dieser Verzögerungsabweichungsgröße.

[0046] Demnach misst, sofern die Netzwerkstrukturänderungs-Beurteilungseinheit die Änderung der Netzwerkstruktur beurteilt, nach der Restrukturierung des Netzwerks, die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit die wechselseitige Verzögerungsabweichungsgröße der Zykluszeitgeber, und die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit korrigiert die wechselseitige Verzögerungsabweichung der Zykluszeitgeber auf der Grundlage dieser Verzögerungsabweichungsgröße.

[0047] Ferner ist in dem oben erwähnten Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 die Netzwerkstrukturänderungs-Beurteilungseinheit in dem Knoten als Zyklushaupteinheit vorgesehen.

[0048] Demnach ist die Netzwerkstrukturänderungs-Beurteilungseinheit in dem Knoten als Zyklushaupteinheit vorgesehen.

[0049] Ferner sind in dem oben erwähnten Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit und die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit in dem spezifischen Knoten unter Verwendung des Synchronismus der Knoten vorgesehen.

[0050] Demnach sind die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit und die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit in dem spezifizierten Knoten unter Verwendung des Synchronismus der Knoten vorgesehen.

[0051] Ferner enthält das oben erwähnte Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 ferner eine Zeitgeberverzögerungs-Übertragungseinheit zum Übertragen der Verzögerungsabweichungsgröße, wobei der Knoten der Zyklushaupteinheit dem Zykluszeitgeber als Referenz für den Synchronismus die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit und die Zykluszeitgeberverzögerungs-Übertragungseinheit enthält, der spezifizierte Knoten, der sich von dem Knoten der Zyklushaupteinheit unterscheidet, die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit enthält, und der Knoten der Zyklushaupteinheit die Verzögerungsübertragungsgröße, gemessen durch den Knoten, zu dem spezifizierten Knoten überträgt oder die durch den Knoten gemessene Verzögerungsabweichungsgröße in der Datentabelle speichert, der spezifizierte Knoten die Verzögerungsabweichungsgröße von dem Knoten der Zyklushaupteinheit erfasst, und die Verzögerungsabweichung des Zykluszeitgebers auf der Grundlage der Verzögerungsabweichungsgröße korrigiert, die später zu dem spezifizierten Knoten übertragen wird, oder der erfassten Verzögerungsabweichungsgröße.

[0052] Demnach überträgt der Knoten der Zyklushaupteinheit mit dem Zykluszeitgeber als Referenz für den Synchronismus die durch den Knoten gemessene Verzögerungsabweichungsgröße zu dem spezifizierten Knoten durch die Zykluszeitgeberverzögerungs-Übertragungseinheit, oder sie speichert die durch den Knoten gemessene Verzögerungsabweichungsgröße in der Datentabelle, und der spezifizierte Knoten erfasst die Verzögerungsabweichungsgröße von dem Knoten der Zyklushaupteinheit, und die Verzögerungsabweichung des Zykluszeitgebers des Knotens wird auf der Grundlage der Verzögerungsabweichungsgröße korrigiert, die später zu dem spezifizierten Knoten übertragen wird, oder der erfassten Verzögerungsabweichungsgröße.

[0053] Ferner legt in dem oben erwähnten Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit den Zykluszeitgeberwert fest, auf der Grundlage der Verzögerungsabweichungsgröße, beim Empfang des Zyklusstartpakets.

[0054] Demnach legt die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit den Zykluszeitgeberwert fest, auf der Grundlage der Verzögerungsabweichungsgröße beim Empfang des Zyklusstartpakets.

[0055] Ferner korrigiert in dem oben erwähnten Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit die Verzögerungsabweichung unter Verwendung der Verzögerungsabweichungsgröße, wenn die obere Schicht den Zykluszeitgeberwert verwendet.

[0056] Demnach korrigiert die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit die Verzögerungsabweichung unter Verwendung der Verzögerungsabweichungsgröße, wenn die obere Schicht den Zykluszeitgeberwert verwendet.

[0057] Weiterhin enthält in dem oben erwähnten Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 der spezifizierte Knoten ferner einen zweiten Zykluszeitgeber, und die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit legt den Zykluszeitgeberwert fest, mit einer Korrektur der Verzögerungsabweichung unter Verwendung der Verzögerungsabweichungsgröße mit einer beliebigen zeitlichen Einteilung, in dem zweiten Zykluszeitgeber.

[0058] Demnach legt die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit des spezifizierten Knotens den Zykluszeitgeberwert fest, mit einer Korrektur der Verzögerungsabweichung unter Verwendung der Verzögerungsabweichungsgröße bei einer beliebigen zeitlichen Einteilung, in dem zweiten Zykluszeitgeber.

[0059] Ferner enthält in dem oben erwähnten Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 der Knoten der Zyklushaupteinheit eine Zeitstempel-Generierungseinheit zum Erzeugen eines Zeitstempels, der spezifizierte Knoten hat eine Zeitstempel-Zeitüberwachungseinheit zum Überwachen der durch den Zeitstempel angezeigten Zeit, die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit aktualisiert den Zeitstempelwert des von dem Knoten der Zyklushaupteinheit gesendeten Zeitstempels auf der Grundlage der Verzögerungsabweichungsgröße, und die Zeitstempel-Zeitüberwachungseinheit überwacht die Zeit, die durch den aktualisierten Zeitstempelwert angezeigt ist.

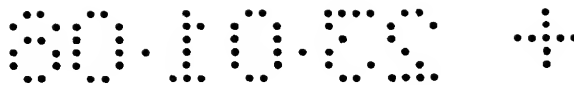
[0060] Demnach bewirkt die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit eine Aktualisierung des Zeitstempelwerts des von dem Knoten der Zyklushaupteinheit gesendeten Zeitstempels auf der Grundlage der Verzögerungsabweichungsgröße, und die Zeitstempel-Zeitüberwachungseinheit überwacht die durch den aktualisierten Zeitstempelwert angezeigte Zeit.

[0061] Ferner sind in dem oben erwähnten Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit und die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit in dem Knoten als eine Zyklushaupteinheit vorgesehen.

[0062] Demnach sind die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheiten und die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit in dem Knoten als eine Zyklushaupteinheit vorgesehen.

[0063] Weiterhin enthält das oben erwähnte Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 ferner eine Zykluszeitgeberverzögerungs-Übertragungseinheit zum Übertragen der Verzögerungsabweichungsgröße, wobei der Knoten der Zyklushaupteinheit die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit enthält, der spezifizierte Knoten, der sich von dem Knoten der Zyklushaupteinheit unterscheidet,





die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit und die Zykluszeitgeberverzögerungs-Übertragungseinheit umfasst, und der spezifizierte Knoten die von dem spezifizierten Knoten gemessene Verzögerungsabweichungsgröße zu dem Knoten der Zyklushaupteinheit überträgt, oder die Verzögerungsabweichungsgröße von dem spezifizierten Knoten erfasst, und die Verzögerungsabweichung der Zyklushaupteinheit des Knotens der Zyklushaupteinheit wird korrigiert, auf der Grundlage der Verzögerungsabweichungsgröße, die später zu dem spezifizierten Knoten übertragen wird, oder der erfassten Abweichungsverzögerungsgröße.

[0064] Demnach überträgt der spezifizierte Knoten die Verzögerungsabweichungsgröße, gemessen durch den spezifizierten Knoten, und zwar zu dem Knoten der Zyklushaupteinheit, oder erfasst die Verzögerungsabweichungsgröße von dem spezifizierten Knoten, und die Verzögerungsabweichung der Zyklushaupteinheit des Knotens der Zyklushaupteinheit wird korrigiert, und auf der Grundlage der Verzögerungsabweichungsgröße, die später zu dem spezifizierten Knoten übertragen wird, oder der erfassten Verzögerungsabweichungsgröße.

[0065] Ferner hat in dem oben erwähnten Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 der Knoten der Zyklushaupteinheit eine Zeitstempel-Erzeugungseinheit zum Erzeugen eines Zeitstempels, der spezifiziert Knoten hat eine Zeitstempel-Zeitüberwachungseinheit zum Überwachen der Zeit, angezeigt durch den Zeitstempel, und die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrektureinheit aktualisiert den Zeitstempelwert des durch die Zeitstempel-Erzeugungseinheit erzeugten Zeitstempels auf der Grundlage der Verzögerungsabweichungsgröße.

[0066] Somit aktualisiert die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrektureinheit den Zeitstempelwert des Zeitstempels, wie er durch die Zeitstempel-Erzeugungseinheit des Knotens der eigenen Zyklushaupteinheit auf der Grundlage der Verzögerungsabweichungsgröße erzeugt wird, und sie überträgt die Daten einschließlich dieses aktualisierten Zeitstempelwerts zu dem spezifizierten Knoten.

[0067] Ferner ist das oben erwähnte Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 ein Steuersystem, bestehend aus einer Servoantriebs- bzw. Motoreinrichtung und einem Controller zum Steuern desselben.

[0068] Demnach lässt sich das Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 auf ein Steuersystem anwenden, bestehend aus einer Servoantriebseinrichtung und einem Controller für die Steuerung desselben.

[0069] Ferner ist in dem oben erwähnten Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 der Controller eine Zyklushaupteinheit.

[0070] Da der Controller als die Zyklushaupteinheit verwendet wird, lässt sich die Verzögerungsabweichungsgröße wirksam messen und korrigieren.

[0071] Andere technische Probleme und Merkmale dieser Erfindung ergeben sich anhand der folgenden Beschreibung im Zusammenhang mit der beiliegenden Zeichnung; es zeigen:

[0072] Fig. 1 ein Diagramm zum Darstellen eines Prozessablaufs der Übertragungsverzögerungsmessung in einem Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

[0073] Fig. 2 ein Diagramm zum Darstellen eines Abrisses der Verarbeitungsabfolge der Zeitgeberverzögerungskompensation in dem Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394;

[0074] Fig. 3 ein Diagramm zum Darstellen eines Beispiels der Verarbeitungsabfolge der Zeitgeberverzögerungskompensation in einem Synchronisierungssystem unter Ver-

wendung von IEEE1394 gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;

[0075] Fig. 4 ein Diagramm zum Darstellen eines Beispiels der Verarbeitungsabfolge einer Zeitgeberverzögerungskompensation in dem Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 gemäß der zweiten Ausführungsform der Erfindung;

[0076] Fig. 5 ein Diagramm zum Darstellen eines Beispiels der Verarbeitungsabfolge einer Zeitgeberverzögerungskompensation in dem Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 gemäß der zweiten Ausführungsform der Erfindung;

[0077] Fig. 6 ein Diagramm zum Darstellen eines Beispiels der Erfassungsprozessabfolge für die Verzögerungsabweichung;

[0078] Fig. 7 ein Diagramm zum Darstellen eines Beispiels der Erfassungsprozessabfolge für die Verzögerungsabweichung;

[0079] Fig. 8 ein Diagramm zum Darstellen eines Beispiels der Erfassungsprozessabfolge für die Verzögerungsabweichung;

[0080] Fig. 9 ein Diagramm zum Darstellen eines Beispiels der Erfassungsprozessabfolge für die Verzögerungsabweichung;

[0081] Fig. 10 ein Diagramm zum Darstellen eines Beispiels der Erfassungsprozessabfolge für die Verzögerungsabweichung;

[0082] Fig. 11 ein Diagramm zum Darstellen eines Beispiels der Erfassungsprozessabfolge für die Verzögerungsabweichung;

[0083] Fig. 12 ein Diagramm zum Darstellen eines Beispiels der Erfassungsprozessabfolge für die Verzögerungsabweichung;

[0084] Fig. 13 ein Diagramm zum Darstellen eines Beispiels der Erfassungsprozessabfolge für die Verzögerungsabweichung;

[0085] Fig. 14 ein Diagramm zum Darstellen eines Beispiels der Erfassungsprozessabfolge für die Verzögerungsabweichung;

[0086] Fig. 15 ein Diagramm zum Darstellen eines Beispiels der Verarbeitungsabfolge der Zeitgeberverzögerungskompensation in einem Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung;

[0087] Fig. 16 ein Diagramm zum Darstellen eines Beispiels für die Verarbeitungsabfolge einer Zeitgeberverzögerungskompensation in dem Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 in der dritten Ausführungsform der Erfindung;

[0088] Fig. 17 ein Diagramm zum Darstellen eines Beispiels für die Verarbeitungsabfolge einer Zeitgeberverzögerungskompensation in dem Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 in der dritten Ausführungsform der Erfindung;

[0089] Fig. 18 ein Diagramm zum Darstellen eines Beispiels der Verarbeitungsabfolge einer Zeitgeberverzögerungskompensation in einem Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 gemäß einer vierten Ausführungsform der Erfindung;

[0090] Fig. 19 ein Diagramm zum Darstellen eines Beispiels der Verarbeitungsabfolge für die Zeitgeberverzögerungskompensation in dem Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 gemäß der vierten Ausführungsform der Erfindung;

[0091] Fig. 20 ein Diagramm zum Darstellen eines Beispiels der Verarbeitungsabfolge für die Zeitgeberverzögerungskompensation in dem Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 gemäß der vierten Ausführungs-



form der Erfindung;

[0092] Fig. 21 ein Flussdiagramm zum Darstellen eines Beispiels der Verzögerungsabweichungskorrektur-Prozess-prozedur für den Fall, dass ein Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 nach einer fünften Ausführungsform der Erfindung bei einem Steuersystem angewandt wird, das aus einem Controller und einen oder mehreren Servomotoren besteht;

[0093] Fig. 22 ein Flussdiagramm zum Darstellen eines Beispiels der Verzögerungsabweichungskorrektur-Prozess-prozedur, wenn das Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 der fünften Ausführungsform der Erfindung bei einem Steuersystem angewandt wird, das aus einem Controller und einem oder mehreren Servomotoren besteht;

[0094] Fig. 23 ein Diagramm zum Darstellen eines Kommunikationsschichtstruktur von IEEE1394;

[0095] Fig. 24 ein Diagramm zum Darstellen eines Koexistenzbeispiels für die isochrone Kommunikation und die asynchrone Kommunikation;

[0096] Fig. 25 ein Ablaufdiagramm zum Darstellen des Zeitgebersynchronisierungsprozesses zwischen der Zyklus-haupteinheit und der Zyklusnebeneinheit unter Verwendung des Zyklusstartpakets; und

[0097] Fig. 26 ein Ablaufdiagramm zum Darstellen des Zeitgebersynchronisierungsprozesses zwischen Zyklusnebeneinheiten unter Verwendung des Zyklusstartpakets.

[0098] Bevorzugte Ausführungsformen des Synchronisierungssystems unter Verwendung von IEEE1394 der Erfindung wird nachfolgend unter Bezug auf die beiliegende Zeichnung beschrieben.

[0099] Zunächst wird eine erste Ausführungsform der Erfindung erläutert. Gemäß der ersten Ausführungsform erfolgt eine Schätzung der Zykluszeitgeberverzögerung und eine Kompensation durch ein Ping-Paket. Bei P1394a wird zum Berechnen und zum Festlegen des optimalen Abstand Zählwerts ein Ping-Paket definiert. Der Abstand ist beispielsweise die Dauer zwischen Datenpaketen D2 und D3, gezeigt in Fig. 24, d. h. eine Leerlaufzeit des Busses, und je länger der Abstand ist, desto länger ist die Dauer für den Leerlaufbus, und die tatsächliche Laufzeit für das Paket ist begrenzt, und wird der Abstand extrem verkürzt, so kann die Kommunikation unterbrochen werden, aufgrund der Zusammensetzung der Topologie, wenn die Zahl der Abschnitte (engl.: hops) der physikalischen Schicht groß ist oder wenn viele Knoten verbunden sind, und demnach muss der Abstand optimiert werden.

[0100] In P1394a ist dann, wenn dieses Ping-Paket von einem Knoten (Busmanager) zu dem anderen Knoten übertragen wird, die physikalische Schicht des Knotens bei dem Ziel zum Empfangen dieses Ping-Pakets so entworfen, dass sie ein Selbst\_ID Paket zurückgibt, und durch Messen der Zeit von der Übertragung des Ping-Pakets bis zu der Rückgabe des Selbst\_ID Pakets wird die Verzögerungszeit zwischen zwei Knoten bekannt. Wie oben erwähnt, kann in P1394a auf der Grundlage der Verzögerungszeit ein optimaler Abstand Zählwert berechnet und festgelegt werden. Mit Ausnahme der Wurzel können alle auf dieses Ping-Paket ohne Verbindungsschicht antworten, und die Verzögerungszeit kann bekannt sein durch die Zwischenstelle (engl.: repeater) bestehend lediglich aus der physikalischen Schicht, und es lässt sich ein optimaler Abstand Zählwert berechnen, wenn sich die Topologie ändert. Dieses Ping-Paket ist nicht in IEEE1394-1995 Standard enthalten, sondern es liegen Studien vor, für eine Mitaufnahme in den P1394a Standard.

[0101] Gemäß der ersten Ausführungsform erfolgt ein Schätzen und Kompensieren der Zykluszeitgeberverzögerung unter Verwendung des Ping-Pakets. Da die Paketzwi-

schenstellenschaltung der physikalischen Schicht nach IEEE1394 symmetrisch ist, wie in Fig. 1 gezeigt, ist die Übertragungsverzögerung t1, bis das von der physikalischen Schicht des Anforderungsknoten N1 gesendete Ping-Paket die physikalische Schicht des Antwortknoten N2 erreicht, nahezu gleich der Übertragungsverzögerung t2, bis das Selbst\_ID Paket, rückgegeben von der physikalischen Schicht des Antwortknoten N2, die physikalische Schicht des Anforderungsknoten N1 erreicht. D. h., es wird angenommen, dass gilt:

Übertragungsverzögerung t1  $\approx$  Übertragungsverzögerung t2.

[0102] Im Ergebnis ist, wie in Fig. 1 gezeigt, unter der Annahme, dass die Zeit von der Übertragung des Ping Pakets von der physikalischen Schicht des Anforderungsknoten N1 bis zum Empfang eines Selbst\_ID Pakets ist, die erforderliche Zeit t ist, die Übertragungsverzögerung t1 bestimmt durch die folgende Gleichung:

t1 (Übertragungsverzögerung)  $\approx$  (t (erforderliche Zeit) - ANTWORT\_ZEIT)/2.

[0103] Die Übertragungsverzögerung t1 wird angesehen als die Verzögerung zwischen dem Zykluszeitgeber, gehalten durch den Anforderungsknoten N1, und dem Zykluszeitgeber, gehalten durch den Anforderungsknoten N2. Die tatsächliche Zeit, die in ANTWORT\_ZEIT die in ANTWORT\_ZEIT aufgenommen ist, ist gemäß dieser Technik nicht bekannt, jedoch sind der Minimalwert und der Maximalwert von ANTWORT\_ZEIT spezifiziert durch Parameter (Kabelschnittstellen-Zeitgebungskonstanten), und sie sind demnach bekannt. Demnach kann beispielsweise ANTWORT\_ZEIT bestimmt werden durch die Gleichung: ANTWORT\_ZEIT  $\approx$  (Maximum + Minimum)/2.

[0104] Sofern die näherungsweise Zeit für ANTWORT\_ZEIT experimentell bekannt ist, anstelle des Durchschnitts der Maximal- und Minimalwerte, führt die Heranziehung des Koeffizienten wie beispielsweise zu folgender Gleichung:

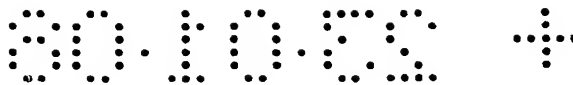
ANTWORT\_ZEIT = (w  $\times$  Maximum + (1-w) Minimum)/2.

[0105] ANTWORT\_ZEIT kann mit hoher Präzision bestimmt werden.

[0106] Weiterhin kann anstelle des Messens der erforderlichen Zeit bis zu der Rückgabe von Selbst\_ID Paket durch Übertragen des Ping Pakets die erforderliche Zeit P erhalten werden durch Übertragen des Fernzugriffpakets und durch Messen der Zeit, bis das Fernantwortpaket zurückgegeben wird oder durch Übertragen des Fernbefehlpackets und durch Messen der Zeit bis das Fernbestätigungspaket zurückgegeben wird. Diese Pakete verhalten sich nahezu gleich, d. h. die physikalische Schicht kehrt zurück, und jedwedes Paket kann verwendet werden. In diesen Paketen, ob in der Zyklus-haupteinheit oder der Zyklusnebeneinheit, können sämtliche Knoten beliebig zu den Knoten übertragen, und die Verzögerung zwischen den beliebigen Knoten lässt sich bei jedweden anderen Knoten, wie erforderlich, messen.

[0107] Da die Verzögerung zwischen Knoten (Zeitgeberverzögerung) abhängig von den Knoten variiert, wird eine Kompensation der Zeitgeberverzögerung in sämtlichen Knoten bevorzugt. Jedoch wird dann, wenn die Zeitgeberverzögerung oft gemessen wird, die Zahl der Pakete zum Messen der Zeitgeberverzögerung erhöht, und der Netzwerkverkehr nimmt zu, und die Übertragung wichtiger Pakete kann gestört werden.

[0108] Da die Zeitgeberverzögerung invariabel ist, sofern die Netzwerkstruktur (Topologie) unverändert ist, ist grundlegend die Zeitgeberverzögerungskompensation lediglich einmal erforderlich, nachdem das Netzwerk strukturiert (restrukturiert) ist, und demnach wird durch Detektieren der Netzwerkstruktur einschließlich der Restrukturierung des



Netzwerks, beispielsweise einem Busrücksetzvorgang, und nach dem Setzen des Zykluszeitgebers durch die das Zyklusstartpaket, das Paket zum Messen der Zeitgeberverzögerung lediglich einmal bei dem Beginn geführt, und die Zeitgeberverzögerung wird kompensiert.

[0109] Für diesen Zweck muss lediglich ein Knoten in dem Netzwerk, beispielsweise die Zyklushaupteinheit oder der Controller in dem Fall des Steuersystems, im Besitz der Netzwerkstruktur-Änderungsbeurteilungseinheit sein. Die Netzwerkstruktur-Beurteilungseinheit überträgt einen Befehl für eine Zeitgeberverzögerungskompensation an einen anderen Knoten, wenn das Netzwerk eine Restrukturierung beurteilt. Alternativ sollte die Zyklushaupteinheit (oder der Controller in dem Fall des Steuersystems) immer im Besitz der Netzwerkstrukturänderungs-Beurteilungseinheit sein, und die Zeitgeberverzögerung wird in der Datentabelle gespeichert, die im Besitz der Zyklushaupteinheit selbst ist, so dass die Reihe der Betriebsschritte im Zusammenhang mit der Zeitgeberverzögerung vollständig durch die Zyklushaupteinheit gemanagt werden können.

[0110] Gemäß der ersten Ausführungsform lässt sich in dem Bereich der Spezifikation von IEEE1394 (existierende Spezifikation von P1394a) durch Kompensation im Hinblick auf die Zeitgeberverzögerung des Zykluszeitgebers jedes Knoten, wenn die IEEE1394 in einer beliebigen Verwendung angewandt wird, ein Synchronismus mit hoher Präzision realisieren. Ferner kann dann, wenn IEEE1394 als offene Schnittstelle zwischen dem Controller und dem Servoantrieb verwendet wird, die Zeitgeberverzögerung zwischen dem Controller und dem Servoantrieb kompensiert werden, oder zwischen Servoantriebseinheiten, so dass sich die Steuerung mit hoher Geschwindigkeit und hoher Präzision realisieren lässt. Das im Rahmen der Zeitgeberverzögerungsmessung verwendete Paket kann nicht durch die Zyklushaupteinheit allein verwendet werden, da es jedoch durch sämtliche Knoten in gleicher Weise verwendet werden kann, ist es möglich, die Zeitgeberverzögerung zwischen beliebigen Knoten zu messen.

[0111] Als nächstes wird eine zweite Ausführungsform der Erfindung erläutert. Bei dieser ersten Ausführungsform wird aufgrund der Tatsache, dass die tatsächliche Zeit von ANTWORT ZEIT unbekannt ist, die Zeitgeberverzögerung näherungsweise geschätzt. Jedoch lässt sich bei der zweiten Ausführungsform die wahre und genaue Zeitgeberverzögerung messen, und es besteht kein Problem, wenn IEEE1394 in dem Steuersystem mit dem Controller und dem Servomotor angewandt wird, in dem der Zeitgeberverzögerungsfehler eine ernsthafte Wirkung hat.

[0112] In IEEE1394, unter Verwendung des Lesepakets, kann der Zykluszeitgeberwert des Zykluszeitgebers, im Besitz durch den Antwortknoten, gelesen werden. Durch Messen der Zeitgeberverzögerung anhand der Differenz zwischen dem Zykluszeitgeberwert, erfasst durch diesen Lesevorgang, und dem Zykluszeitgeberwert des Zykluszeitgebers, der im Besitz des Anforderungsknoten ist, erscheint es möglich, die tatsächliche Zeitgeberverzögerung zu messen.

[0113] Jedoch ist tatsächlich in dem ANTWORT (Lesepaket) zu dem Lesepaket aufgrund der Tatsache, dass die oberen Schichten des Antwortknotens (Transaktionsschicht und höhere Schicht) den Zyklusrangwert (engl. cycle tier value) in dem Leseantwortpaket akkumulieren, die nachfolgende Zeit bis zu dem tatsächlichen Übertragen von der Verbindungsschicht des Antwortknotens nicht konstant, und eine genaue Zeitgeberverzögerung lässt sich nicht unter Verwendung des Lesepakets und des zugeordneten Leseantwortpakets messen.

[0114] Der Grund, weshalb die in dem Übertragungspuffer akkumulierte Zeit lang ist, lautet wie folgt: diese Lese-

verarbeitung ist eine asynchrone Verarbeitung, und das Lesepaket und das Leseantwortpaket sind asynchrone Pakete, die lediglich in der asynchronen Übertragungszeitzone übertragen werden können, und demnach ist dann, wenn die Zeit des in dem Übertragungspuffer akkumulierten Leseantwortpakets die asynchrone Übertragungszeitzone ist, wie in Fig. 2 gezeigt, die Zeit, die in dem Übertragungspuffer verbleibt, lediglich ein Moment, so dass eine Übertragung unmittelbar erfolgt, jedoch verbleibt, wie in Fig. 3 gezeigt, dann, wenn die Zeit des zu dem Übertragungspuffer gesendeten Leseantwortpakets eine isochrone Übertragungszeitzone ist, das Leseantwortpaket in dem Übertragungspuffer, bis die isochrone Übertragungszeitzone vorüber ist, und sie ist für die Übertragung in der asynchronen Übertragungszeitzone bereit.

[0115] Zum Löschen der Differenz in der Zeitzone, die in diesem Übertragungspuffer verbleibt, werden mehrere Maßnahmen betrachtet. Gemäß einer ersten Maßnahme beurteilt aufgrund der Tatsache, dass erforderlich ist, dass eine Reihe von Betriebsschritten zum Empfangen des Lesepakets in dem Antwortknoten N2 bis zum Aussenden des Leseantwortpakets immer in derselben asynchronen Übertragungszeitzone ausgeführt werden sollten, wie in Fig. 2 gezeigt, die Beurteilungseinheit 1, ob eine Reihe von Betriebsabläufen von der Übertragung des Lesepakets durch den Anforderungsknoten N1 bis zu der Zurückgabe des Leseantwortpakets in derselben asynchronen Übertragungszeitzone ausgeführt ist oder nicht, und wird eine Beurteilung dahingehend ausgeführt, dass eine Ausführung in derselben asynchronen Übertragungszeitzone zu erfolgen hat, so überträgt der Anforderungsknoten das Lesepaket des Antwortknotens.

[0116] Grundlegend wird das Paket zum Messen der Zeitgeberverzögerung bei einer Anfangsstufe nach der Konstruktion des Netzwerks verwendet, und es gibt keinen Datentransfer für das Steuern des Steuersystems bei der Anfangsstufe nach der Konstruktion des Netzwerks, und der Verkehr ist leicht, und eine spezifische Anwendung arbeitet nicht in der oberen Schicht des Antwortknotens N2, so dass sie schnell antwortet auf die Anforderung eines Pakets zum Messen der Zeitgeberverzögerung.

[0117] Demnach kann in der Anfangsstufe der Konstruktion des Netzwerks die Zeit, die zum Ausführen der Reihe des oben erläuterten Betriebs erforderlich ist (d. h., wenn das Paket (Lesepaket) für die Zeitgeberverzögerungsmessung von dem Anforderungsknoten N1 zu dem Antwortknoten N2 ausgesandt wird, bis der Anforderungsknoten N1 das Leseantwortpaket von dem Antwortknoten N2 empfängt), grob geschätzt werden. Die Verzögerungsmessung in der ersten Ausführungsform kann für eine derartige grobe Schätzung der Zeit eingesetzt werden. Im Ergebnis lässt sich die oben erläuterte Bestimmung einfach ausführen, und ebenso ist die Zuverlässigkeit der Bestimmung hoch.

[0118] Gemäß der ersten Maßnahme ist durch direktes Verwenden des existierenden Protokolls lediglich die Beurteilungseinheit 1 in der oberen Schicht des Antwortknotens N1 bei der Übertragungsseite vorgesehen, für eine Beurteilung, ob die Reihe der Betriebsschritte von der Übertragung des Lesepakets bis zu der Rückgabe des Leseantwortpakets innerhalb derselben asynchronen Übertragungszeitzone ausgeführt wird oder nicht, und diese Reihe des Betriebs wird in derselben asynchronen Übertragungszeitzone ausgeführt, so dass eine genaue Zeitgeberverzögerungskompensation realisiert wird.

[0119] Gemäß einer zweiten Maßnahme, wie in Fig. 4 gezeigt, sollte der Zeitablauf zum Akkumulieren des Leseantwortpakets in dem Übertragungspuffer durch die obere Schicht des Antwortknotens N1 in der asynchronen Übertragungszeitzone ausgeführt werden. D. h., beim Warten, bis

die obere Schicht des Antwortknotens N2 eine asynchrone Übertragungszeitzone ist, wird das Leseantwortpaket zu der Verbindungsschicht ausgesendet. Die obere Schicht kennt die Tatsache, dass der vorliegende Kommunikationsübertragungs-Pfadzustand in einer isochronen Übertragungszeitzone liegt oder in einer asynchronen Übertragungszeitzone, anhand des Interrupt- bzw. Unterbrechungssignals von der unteren Verbindungsschicht. Demnach kann aufgrund der Tatsache, dass das Leseantwortpaket immer unmittelbar übertragen wird (d. h., ohne Verbleiben in dem Übertragungspuffer), die Zeitgeberverzögerung zwischen dem Anforderungsknoten N1 und dem Antwortknoten N2 sicher gemessen werden.

[0120] Gemäß der zweiten Maßnahme unter Verwendung des existierenden Protokolls ist es möglich, lediglich durch Bereitstellen der Beurteilungseinheit in der oberen Schicht in dem Antwortknoten N2 bei der Seite des Antwortknotens zum Beurteilen, ob der vorliegende Kommunikationsübertragungs-Pfadzustand in der isochronen Übertragungszeitzone oder in der asynchronen Übertragungszeitzone vorliegt, eine genaue Zeitgeberverzögerungskompensation möglich, anhand der Tatsache, ob das Leseantwortpaket oder das Leseantwortpaket in derselben asynchronen Übertragungszeitzone vorliegt oder nicht.

[0121] In einer dritten Maßnahme schreibt, wie in Fig. 5 gezeigt, bei einem Aussenden des Leseantwortpakets von der Verbindungsschicht eine Schreibeinheit 3 den Zykluszeitgeberwert in dieses Leseantwortpaket. D. h., anstelle des Schreibens des Zykluszeitgeberwerts wird dann, wenn das Leseantwortpaket zu der Verbindungsschicht von der oberen Schicht gesendet wird, der Zykluszeitgeberwert in dieses Leseantwortpaket in dem Augenblick gesendet, in dem das Leseantwortpaket von der Verbindungsschicht ausgesendet wird.

[0122] Gemäß IEEE1394 existiert, in der Zykluszeitbeeinstellung durch das Zyklusstartpaket, bereits ein Mechanismus zum Festlegen des Zykluszeitgeberwerts, der im Zyklusstartpaket beschrieben ist, als Zykluszeitgeberwert des eigenen Knotens in dem Moment, wenn das Zyklusstartpaket von der Zyklushaupteinheit empfangen wird, in der Verbindungsschicht, und zwar von dem Antwortknoten N2.

[0123] Jedoch ist diesem Mechanismus dem Zyklusstartpaket zu eigen, und der Mechanismus zum Realisieren der dritten Maßnahme ist in IEEE1394 nicht definiert, und dieser Mechanismus muss neu ergänzt werden. Bei der ersten und zweiten Maßnahme erfordert es eine bestimmte Zeit der Übertragung, unmittelbar nach der Akkumulierung in dem Übertragungspuffer, selbst wenn ein derartiger geringfügiger Zeitfehler nicht bei dieser dritten Maßnahme auftritt, und eine genauere Verzögerungsmessung ist möglich.

[0124] Gemäß der dritten Maßnahme ist es unter Verwendung des existierenden Protokolls lediglich durch Bereitstellen der Schreibeinheit 3 in der Verbindungsschicht des Antwortknotens bei dem antwortseitigen Knoten zum Schreiben des Zykluszeitgeberwerts in das Leseantwortpaket in dem Zeitpunkt, zu dem das Leseantwortpaket von der Verbindungsschicht ausgesandt wird, möglich, eine akkurate bzw. genaue Zeitgeberverzögerungskompensation auszuführen, unabhängig davon, ob das Leseantwortpaket und das Leseantwortpaket in derselben asynchronen Übertragungszeitzone vorliegen oder nicht.

[0125] Gemäß der zweiten Ausführungsform wird durch Kompensieren der Zeitgeberverzögerung des Zykluszeitgebers bei jedem Knoten in dem Bereich der Spezifikation von IEEE1394 (die existierende Spezifikation von IEEE1394-1995) ein Synchronismus hoher Präzision realisiert, wenn IEEE1394 in einer beliebigen Anwendung verwendet wird. Ferner ist es dann, wenn IEEE1394 als offene

Schnittstelle zwischen dem Controller und dem Servomotor verwendet wird, möglich, die Zeitgeberverzögerung zwischen dem Controller und dem Servomotor oder zwischen Servoantrieben zu kompensieren, und die Steuerung mit hoher Geschwindigkeit und hoher Präzision wird realisiert. Das bei der Zeitgeberverzögerungsmessung verwendete Paket kann nicht nur durch die Zyklushaupteinheit verwendet werden, sondern in gleicher Weise durch sämtliche Knoten, so dass sich die Zeitgeberverzögerung zwischen beliebigen Knoten messen lässt.

[0126] Ferner wird eine dritte Ausführungsform der Erfindung erläutert. Bei der dritten Ausführungsform erfolgt auf der Grundlage der Zeitgeberverzögerung, gemessen wie in der ersten Ausführungsform oder der zweiten Ausführungsform, eine Kompensation der Zeitgeberverzögerung. Für die dritte Ausführungsform wird erläutert, dass die Zeitgeberverzögerung kompensiert wird, wenn die Zyklusnebeneinheit das Zyklusstartpaket empfängt.

[0127] Zunächst muss die Zyklusnebeneinheit Kenntnis des Zeitgeberwerts der Zyklusnebeneinheit selbst haben, sowie von der Verzögerungsabweichung zu dem Zykluszeitgeberwert der Zyklushaupteinheit. Zum Erfassen der Verzögerungsabweichung können die folgenden neun Modi der Verzögerungsabweichungserfassung eingesetzt werden.

[0128] Bei einem ersten Verzögerungsabweichungs-Erfassungsmodus, wie in Fig. 6 gezeigt, misst die Zyklushaupteinheit MN die Verzögerungsabweichung zu einer beliebigen Zyklusnebeneinheit NS (S11), und sie überträgt diese Verzögerungsabweichung zu der zugeordneten Zyklusnebeneinheit NS (S12), so dass die Zyklusnebeneinheit NS die Verzögerungsabweichung erfasst.

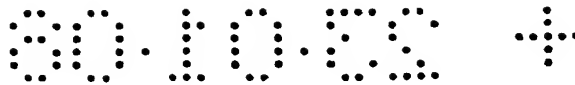
[0129] Bei einem zweiten Verzögerungsabweichungs-Erfassungsmodus, wie in Fig. 7 gezeigt, misst die Zyklushaupteinheit MN die Verzögerungsabweichung zu einer beliebigen Zyklusnebeneinheit NS (S21), und sie speichert diese Verzögerungsabweichung in einem Verzögerungsspeicher der Zyklushaupteinheit NS (S22), und die beliebige Zyklusnebeneinheit NS bewirkt einen Zugriff auf den Verzögerungsspeicher der Zyklushaupteinheit NM, und sie liest die Verzögerungsabweichung (S23), so dass die Zyklusnebeneinheit NS die Verzögerungsabweichung erfasst.

[0130] Bei einem dritten Verzögerungsabweichungs-Erfassungsmodus, wie in Fig. 8 gezeigt, misst eine beliebige Zyklusnebeneinheit NS die Verzögerungsabweichung zu der Zyklushaupteinheit (NM (S31)), und sie erfasst somit die Verzögerungsabweichung.

[0131] Gemäß diesen ersten bis dritten Verzögerungsabweichungs-Erfassungsmodi kann die Zyklusnebeneinheit NS eine Kompensation so durchführen, dass sie präzise mit dem Zeitgeberwert der Zyklushaupteinheit abgestimmt ist.

[0132] Gemäß einem vierten Verzögerungsabweichungs-Erfassungsmodus, wie in Fig. 9 gezeigt, misst eine spezifische Zyklusnebeneinheit NS1 die Verzögerungsabweichung zu einer anderen beliebigen Zyklusnebeneinheit NS2 (S41), und sie misst ebenso die Verzögerungsabweichung zu der Zyklushaupteinheit NM (S42), sie berechnet die Verzögerung zwischen der Zyklushaupteinheit NM und der beliebigen Zyklusnebeneinheit NS2 (S43), und sie überträgt diese Verzögerung zu der Zyklusnebeneinheit NS2 (S44), so dass die beliebige Zyklusnebeneinheit NS2 die Verzögerungsabweichung erfasst.

[0133] Gemäß einem fünften Verzögerungsabweichungs-Erfassungsmodus, wie in Fig. 10 gezeigt, misst eine spezifische Zyklusnebeneinheit NS1 die Verzögerungsabweichung zu einer anderen Zyklusnebeneinheit NS2 (S51), und sie misst ebenso die Verzögerungsabweichung zu der Zyklushaupteinheit NM (S52), sie berechnet die Verzögerung zwischen der Zyklushaupteinheit NM und der beliebigen Zy-



klusnebeneinheit NS2 (S53), speichert die berechnete Verzögerungsabweichung in dem Verzögerungsspeicher der spezifischen Zyklusnebeneinheit (S54), und die beliebige Zyklusnebeneinheit NS2 bewirkt einen Zugriff auf diesen Verzögerungsspeicher, und sie liest diese Verzögerung (S55), so dass die beliebige Zyklusnebeneinheit NS2 die Verzögerungsabweichung erfasst.

[0134] Gemäß einem sechsten Verzögerungsabweichungs-Erfassungsmodus, wie in Fig. 11 gezeigt, misst eine spezifische Zyklusnebeneinheit NS1 die Verzögerungsabweichung zu einer anderen beliebigen Zyklusnebeneinheit NS2 (S61), und sie misst ebenso die Verzögerungsabweichung zu der Zyklushaupteinheit NM (S62), und sie speichert diese Verzögerungen in dem Verzögerungsspeicher der spezifischen Zyklusnebeneinheit NS1 (S63), und die beliebige Zyklusnebeneinheit NS2 bewirkt einen Zugriff auf diese spezifische Zyklusnebeneinheit NS1, und sie liest diese Verzögerungen (S64), und sie berechnet die Verzögerung zu der Zyklushaupteinheit NM (S65).

[0135] Diese vierten bis sechsten Verzögerungsabweichungs-Erfassungsmodi haben dieselben Wirkungen und Effekte wie die ersten bis dritten Verzögerungsabweichungs-Erfassungsmodi, sie sind jedoch im Hinblick auf den Mechanismus geringfügig komplizierter.

[0136] Bei einem siebten Verzögerungsabweichungs-Erfassungsmodus, wie in Fig. 12 gezeigt, misst eine spezifische Zyklusnebeneinheit NS1 die Verzögerungsabweichung zu einer anderen beliebigen Zyklusnebeneinheit NS2 (S71), und sie überträgt diese Verzögerungsabweichung zu der beliebigen Zyklusnebeneinheit NS2 (S72), so dass die beliebige Zyklusnebeneinheit NS2 die Verzögerungsabweichung erfasst.

[0137] Bei einem achten Verzögerungsabweichungs-Erfassungsmodus, wie in Fig. 13 gezeigt, misst die spezifische Zyklusnebeneinheit NS1 die Verzögerungsabweichung zu einer anderen beliebigen Zyklusnebeneinheit NS (S81), und sie speichert diese Verzögerungsabweichung in einem Verzögerungsspeicher der eigenen Zyklusnebeneinheit NS1 (S82), während die beliebige Zyklusnebeneinheit NS2 einen Zugriff auf diesen Verzögerungsspeicher bewirkt, zum Lesen der Verzögerungsabweichung (S83), so dass die beliebige Zyklusnebeneinheit die Verzögerungsabweichung erfasst.

[0138] Gemäß einem neunten Verzögerungsabweichungs-Erfassungsmodus, wie in Fig. 14 gezeigt, misst eine beliebige Zyklusnebeneinheit NS2 die Verzögerungsabweichung zu einer spezifischen Zyklusnebeneinheit NS1 (S91), und demnach erfasst die beliebige Zyklusnebeneinheit NS2 die Verzögerungsabweichung.

[0139] Gemäß den siebten bis neunten Verzögerungsabweichungs-Erfassungsmodi lässt sich der Zeitgeberwert der anderen beliebigen Zyklusnebeneinheit so kompensieren, dass eine präzise Abstimmung zu dem Zeitgeberwert einer spezifischen Zyklusnebeneinheit vorliegt. In diesem Fall hat lediglich die Zyklushaupteinheit nicht denselben Zeitgeberwert an dem Netzwerk.

[0140] Wenn die Zyklusnebeneinheit selbst die Verzögerungsabweichung zwischen dem Zykluszeitgeberwert der eigenen Zyklusnebeneinheit und dem Zykluszeitgeberwert eines Referenzknotens (entweder Zyklushaupteinheit oder Zyklusnebeneinheit), so lässt sich die Zeitgeberverzögerung durch die Zyklusnebeneinheit selbst kompensieren. Drei Modi können für eine derartige Zeitgeberverzögerungskompensation eingesetzt werden. In der folgenden Erläuterung der drei Modi ist der Referenzknoten die Zyklushaupteinheit, jedoch verlaufen sie genauso, wenn der Referenzknoten eine Zyklusnebeneinheit ist.

[0141] Bei einem ersten Zeitgeberverzögerungs-Kompen-

sationsmodus, wie in Fig. 15 gezeigt, wird der Zykluszeitgeberwert des Zykluszeitgebers TM1 im Hinblick auf eine Zeitgeberverzögerungsgröße  $\Delta t_{11}$  festgelegt. Die Zyklushaupteinheit NM überträgt den Zykluszeitgeberwert  $t_{10}$  der Zyklushaupteinheit NM zu der Zyklusnebeneinheit NS unter Verwendung des Zyklusstartpakets, und empfängt die Zyklusnebeneinheit-NS-Seite dieses Zyklusstartpaket, so wird der Zykluszeitgeberwert  $t_{10}$  nicht direkt als der Zykluszeitgeberwert  $t_{10}$  für den Zyklusnebeneinheit NS festgelegt, sondern es wird der Zykluszeitgeberwert  $t_{12}$  unter Beachtung der Verzögerungsabweichungsgröße  $\Delta t_{11}$  festgelegt. D. h.,

$t_{12}$  (Zykluszeitgeberwert, der festzulegen ist)

=  $t_{10}$  (empfangener Zykluszeitgeberwert)

+  $\Delta t_{11}$  (Zeitgeberverzögerungsgröße).

[0142] In einem zweiten Zeitgeberverzögerungs-Kompensationsmodus, wie in Fig. 16 gezeigt, ist es genauso wie bei der üblichen Zeitgebereinstellung, derart, dass die Zyklusnebeneinheit-NS-Seite den Zykluszeitgeberwert  $t_{10}$  dann festlegt, wenn sie das Zyklusstartpaket empfängt, und zwar direkt als Zykluszeitgeberwert  $t_{10}$  der eigenen Zyklusnebeneinheit NS, jedoch verwendet die obere Schicht der Zyklusnebeneinheit NS (die Anwendung auf Zyklusnebeneinheit-Seite) den Zykluszeitgeberwert, d. h., die Verzögerungsabweichungsgröße wird in dem Zykluszeitgeberwert  $t_{13}$  im Zeitpunkt des Lesevorgangs korrigiert, und die obere Schicht verwendet den korrigierten Zykluszeitgeberwert  $t_{14}$ . In diesem Fall ist dann, wenn die Verzögerungsabweichungsgröße vorab bekannt ist, grundlegend eine Kompensation zu jedem Zeitpunkt möglich, und der kompen-

sierte Zykluszeitgeberwert kann verwendet werden. D. h.,

$t_{14}$  (zu verwendender Zykluszeitgeberwert)

=  $t_{13}$  (Zykluszeitgeberwert der Verbindungsschicht)

+  $\Delta t_{11}$  (Zeitgeberverzögerungsgröße).

[0143] Bei einem dritten Zeitgeberverzögerungs-Kompensationsmodus, wie in Fig. 17 gezeigt, enthält die Zyklusnebeneinheit NS einen zweiten Zykluszeitgeber TM2, getrennt von dem Zykluszeitgeber TM1. Bei dem Zykluszeitgeber TM1 wird der empfangene Zykluszeitgeberwert direkt festgelegt, und in dem zweiten Zykluszeitgeber TM2 wird mit einer beliebigen zeitlichen Einteilung beispielsweise dann, wenn im Hinblick auf die Zeit keine kritische Situation vorliegt, der Zykluszeitgeberwert, der im Hinblick auf die Zeitgeberverzögerung unter Beachtung der Zeitgeberverzögerungsgröße  $\Delta t_{11}$  kompensiert ist, festgelegt, und die obere Schicht verwendet diesen Zykluszeitgeberwert.

[0144] Gemäß der dritten Ausführungsform wird durch Kompensieren der Zeitgeberverzögerung des Zykluszeitgeberwerts jedes Knotens im dem Bereich der Spezifikation von IEEE1394 (die existierende Spezifikation von IEEE1394-1995) ein Synchronismus mit hoher Präzision realisiert, wenn IEEE1394 in einer beliebigen Anwendung verwendet wird. Ferner kann, aufgrund der Tatsache, dass nicht alle Knoten eine Zeitgeberkompensation erfordern, die Verzögerung lediglich in erforderlichen Knoten – soweit erforderlich – gemessen und kompensiert werden. Weiterhin ist es dann, wenn IEEE1394 als offenen Schnittstelle zwischen dem Controller und dem Servomotor verwendet wird, möglich, eine Kompensation im Hinblick auf die Zeitgeberverzögerung in dem Controller und dem Servomotor durchzuführen, oder zwischen den Servomotoren bzw. -antrieben, und es wird eine Steuerung mit hoher Geschwindigkeit und hoher Präzision realisiert. Da die Zeitgeberverzögerung bei der Servoseite kompensiert wird, ist keine Änderung bei der Controllerseite erforderlich.

[0145] Weiterhin kann, sofern eine Zeitgeberkompensation nicht für alle Steuerobjekteinrichtungen erforderlich ist, die Verzögerung lediglich in erforderlichen Servoknoten,

sofern erforderlich, gemessen und kompensiert werden.

[0146] Der erste Zeitgeberverzögerungs-Kompensationsmodus ist einfach und genau, da die Unterbrechung unter Verwendung des Zeitgebers die Unterbrechung zum Zeitpunkt der Kompensation der Verzögerung ist. Jedoch ist eine Änderung des Verbindungsschicht erforderlich, die einen Schlüsselteil von IEEB1394 darstellt. Es ist auch eine Regel nach IEEB1394, dass der Zeitgeberwert dann nicht rückzusetzen ist, wenn eine Aktualisierung des Zeitgeberwerts unter Empfang des Zyklusstartpakets erfolgt. In dieser Ausführungsform ist es dann, wenn der Zykluszeitgeberwert der Zyklusnebeneinheit als Referenz verwendet wird, möglich, dass die Verzögerungsabweichung einen negativen Wert aufweisen kann, und dass ein Knoten zum Rücksetzen des Zeitgeberwerts dann vorliegt, wenn die Zeitgeberverzögerung kompensiert wird, und in einem derartigen Fall ist die Regel von IEEB1394 zu ignorieren, oder diese Regel muss beobachtet werden, durch Festlegen von "Zykluszeitgeberwert der Referenz Zyklushaupteinheit + bestimmte Zeit" als Referenzzeit auf dem Netzwerk, so dass keine Knoten zum Rücksetzen des Zeitgeberwerts dann vorliegen kann, wenn eine Kompensation der Zeitgeberverzögerung erfolgt. Übrigens ist es vom Standpunkt der oberen Schicht der Zyklusnebeneinheit zum Kompensieren der Zeitgeberverzögerung nicht bekannt, wann der Zeitgeber aktualisiert wird, d. h., es ist nicht bekannt, wann das Zyklusstartpaket gesendet wird, und demnach kann es während der Zeitmessung in der oberen Schicht der Zyklushaupteinheit zum Kompensieren der Zeitgeberverzögerung erfolgen, und es ist möglich, dass der Zeitgeber in der Mitte einer kritischen Zeit aktualisiert wird, und es entsteht ein Fehler zwischen der Situation, wenn der Zeitgeber in einer kritischen Zeit aktualisiert wird, und der, wenn nicht.

[0147] Der Zykluszeitgeber der Zyklushaupteinheit und der Zykluszeitgeber einer Zyklusnebeneinheit stimmen nicht immer im Hinblick auf die Charakteristiken überein, und es gibt einen Unterschied im Hinblick auf die Genauigkeit zwischen zwei Zykluszeitgebern, und demnach besteht der Zweck zum Eliminieren der Präzisionsdifferenz zwischen den Zykluszeitgebern darin, dass der Zykluszeitgeber der Zyklusnebeneinheit durch den Zykluszeitgeberwert der Zyklushaupteinheit durch das Zyklusstartpaket angeglichen wird. Jedoch ist beispielsweise dann, wenn die obere Schicht (ihre beliebige Anwendung) der Zyklusnebeneinheit zum Kompensieren der Zeitverzögerung die Zeit für einen anderen unterschiedlichen Zweck unter Verwendung des eigenen Zykluszeitgebers misst, wenn der Zykluszeitgeber nicht aktualisiert wird, die Präzision der Zeitmessung innerhalb des Bereichs der Präzision des eigenen Zykluszeitgebers garantiert, jedoch ist dann, wenn der Zykluszeitgeber in der Mitte der Zeitmessung aktualisiert wird, die Präzision der Zeitmessung in keiner Weise garantiert. Selbstverständlich ist, sofern IEEB1394 in dem System in einem Bereich verwendet wird, der soweit geht, dass ein Fehler kein Problem auslöst, der erste Zeitgeberverzögerungs-Kompensationsmodus für dieses System ausreicht.

[0148] Andererseits gibt es in dem zweiten Zeitgeberverzögerungs-Kompensationsmodus keine Änderung in irgendeiner Weise im Zusammenhang mit IEEB1394, und lediglich die obere Schicht (Anwendung) wird geändert, und hiernach ist sie einfach zu realisieren. Jedoch ist die Unterbrechung bei der Verwendung dieses Zeitgebers nicht immer die Unterbrechung, die durch den Zeitgeber erzeugt wird, der die Verzögerung kompensiert hat. Als dessen Ersatzmittel ist es möglich, eine Unterbrechung zur geeigneten Zeit durch Abfragen des Zeitgebers von der Anwendung zu realisieren. Dies jedoch bewirkt eine Last durch das Abfragen (engl.: polling). Ferner gibt genauso wie bei dem ersten

Zeitgeberverzögerungs-Kompensationsmodus ein Problem im Hinblick auf die Garantie der Zeitgeberpräzision, da es nicht bekannt ist, wann der Zykluszeitgeberwert aktualisiert wird. Insoweit, als eine Anwendung in einem System erfolgt, das in einem Bereich kein Problem aufgrund einer Abtastlast oder eines Zeitgeberaktualisierungsfehlers aufweist, lässt sich der zweite Zeitgeberverzögerungs-Kompensationsmodus ausreichend einsetzen.

[0149] Der dritte Zeitgeber-Verzögerungs-Kompensationsmodus kann die Problem der Gewährleistung aufgrund eines Zeitgeberaktualisierungsfehlers in dem ersten und zweiten Zeitgeberverzögerungs-Kompensationsmodus lösen. In diesem dritten Zeitgeberverzögerungs-Kompensationsmodus ist es aufgrund der Tatsache, dass die zeitliche Einteilung dann frei ist, wenn der Zykluszeitgeberwert unter Berücksichtigung auf die Zeitgeberverzögerungsgröße als zweiter Zykluszeitgeberwert in dem zweiten Zykluszeitgeber festgelegt wird, möglich, den Zeitgeberwert mit einer gewünschten zeitlichen Einteilung festzulegen, unter Vermeidung einer kritischen Zeitzone, wie dem Zeitmessvorgang. Weiterhin ist es genau, da die Unterbrechung unter Verwendung dieses Zeitgebers die Unterbrechung bei der Zeit der Kompensation der Verzögerung ist. Demnach ist die Zeitgeberverzögerungskompensation mit diesem dritten Zeitgeberverzögerungs-Kompensationsmodus vorzuziehen.

[0150] Als nächstes wird eine vierte Ausführungsform der Erfindung erläutert. Bei der vierten Ausführungsform erfolgt durch Messen der Zeitgeberverzögerung unter Verwendung der Messung der Zeitgeberverzögerung, wie sie für die erste und zweite Ausführungsform gezeigt ist, eine Kompensation der Zeitgeberverzögerung unter Verwendung dieser Zeitgeberverzögerung und eines Zeitstempels.

[0151] Die Fig. 18 zeigt ein Diagramm zum Darstellen eines Entwurfs eines Synchronisierungssystems unter Verwendung des Zeitstempels. Wie in Fig. 18 gezeigt, ist es dann, wenn die Synchronisierung durch den Anforderungsknoten N1 und den Antwortknoten N2 erfolgt, beispielsweise bei synchroner Steuerung durch den Controller und jedes Servomotors erforderlich, bei einer bestimmten Zeit zu synchronisieren, d. h., es ist eine synchrone Steuerung erforderlich, jedoch wird in einem derartigen Fall, zusammen mit dem Befehlsinhalt (Steuerinhalt), die Zeit zum Ausführen dieses Befehlsinhalts (Steuerinhalts) gesendet, als Zeitstempel von dem Anforderungsknoten N1 zu dem Antwortknoten N2. Wenn der Anforderungsknoten N1 der Controller ist und der Antwortknoten N2 der Servomotor ist, wird der Zeitstempel von dem Controller zu jedem Servomotor gesendet. Der Antwortknoten N2 führt den empfangenen Befehlsinhalt (Steuerinhalt) dann aus, wenn er die Empfangszeit erreicht, d. h. die Zeit des Zeitstempels (Zeitstempelwert T20). Da jedoch die Zeit des Antwortknotens N1 von dem Zykluszeitgeber des Antwortknotens N2 selbst abhängt, und eine Verzögerung zwischen dem Antwortknoten N2 und dem Anforderungsknoten N1 auftritt, kompensiert dann, wenn der Antwortknoten N2 den Zeitstempelwert von dem Anforderungsknoten N1 akzeptiert, der Antwortknoten N2 die Verzögerungsabweichung. In diesem Fall muss jeder Antwortknoten N2 vorab die Verzögerungsabweichung kennen, zwischen dem Zykluszeitgeberwert jedes Antwortknotens N2 und dem Zykluszeitgeberwert des Anforderungsknotens N1. Die Kompensation der Verzögerungsabweichung unter Verwendung des Zeitstempels wird in den folgenden zwei Modi realisiert.

[0152] In einem ersten Zeitgeberverzögerungs-Kompensationsmodus durch den Zeitstempel misst der Anforderungsknoten N2 die Verzögerungsabweichung zu einem gewöhnlichen Antwortknoten N2, und er überträgt diese Verzögerung zu dem beliebigen Antwortknoten N2. Der Ant-



wortknoten N2 kann vorläufig die Verzögerungsabweichungsgröße in den folgenden drei Modi erfassen.

[0153] In einem ersten Erfassungsmodus, der mit dem in Fig. 6 gezeigten ersten Verzögerungsabweichungs-Erfassungsmodus übereinstimmt, misst der Anforderungsknoten N1 die Verzögerungsabweichung zu einem beliebigen Antwortknoten N2, und er überträgt diese Verzögerungsabweichung zu den beliebigen Antwortknoten N2.

[0154] In einem zweiten Erfassungsmodus, der mit dem in Fig. 7 gezeigten zweiten Verzögerungsabweichungs-Erfassungsmodus übereinstimmt, misst der Anforderungsknoten N1 die Verzögerungsabweichung zu einem beliebigen Antwortknoten N2, und bewirkt ein Speichern in den Verzögerungsspeicher des Anforderungsknoten N1 selbst, und der beliebige Antwortknoten N2 bewirkt einen Zugriff auf den Verzögerungsspeicher des Anforderungsknoten N1, liest diese Verzögerungsabweichung, so dass der beliebige Antwortknoten N2 die Verzögerungsabweichung erfasst.

[0155] In einem dritten Erfassungsmodus, der mit dem in Fig. 8 gezeigten dritten Verzögerungsabweichungs-Erfassungsmodus übereinstimmt, misst ein beliebiger Anforderungsknoten N2 die Verzögerungsabweichung zu dem Antwortknoten N1, und bewirkt demnach die Erfassung der Verzögerungsabweichung.

[0156] Hiernach bewirkt, wie in Fig. 19 gezeigt, ausgehend von dem Anforderungsknoten N1 zu dem Antwortknoten N2, wenn der Zeitstempelwert T20 zum Darstellen der Zeit zum Ausführen des Befehlsinhalts (Steuerinhalt) zu dem Antwortknoten zusammen mit dem Befehlsinhalt (Steuerinhalt) gesendet wird, der Antwortknoten N2 eine Kompensation der empfangenen Zeit, d. h. des Zeitstempelwerts T20 durch die Verzögerungsabweichungsgröße  $\Delta t_{21}$ ; und er führt den empfangenen Befehlsinhalt (Steuerinhalt) dann aus, wenn die Zeit erreicht ist, die durch den kompensierten Zeitstempelwert t22 angezeigt ist.

[0157] Andererseits gibt in einem zweiten Zeitgeberverzögerungs-Kompensationsmodus durch den Zeitstempel der Anforderungsknoten N1 einen Zeitstempel ab, unter Berücksichtigung der Verzögerungsabweichungsgröße  $\Delta t_{21}$  jedes Antwortknotens N2. In diesem Fall muss der Anforderungsknoten N1 vorläufig die Verzögerungsabweichungsgröße  $\Delta t_{21}$  kennen, zwischen dem Zykluszeitgeberwert des eigenen Anforderungsknotens N1 und dem Zykluszeitgeberwert jedes Antwortknotens. Die Verzögerungsabweichungsgröße kann in den folgenden drei Modi erfasst werden.

[0158] Bei einem ersten Erfassungsmodus misst der Anforderungsknoten N1 die Verzögerung zu jedem Antwortknoten N2, und er bewirkt ein Speichern in dem Verzögerungsgrößenspeicher mit dem Datentabellenformat des eigenen Anforderungsknotens N1.

[0159] Bei einem zweiten Erfassungsmodus misst jeder Anforderungsknoten N2 die Verzögerungsabweichungsgröße  $\Delta t_{21}$  zu dem Anforderungsknoten N1, und bewirkt ein Speichern dieser Verzögerungsabweichungsgröße  $\Delta t_{21}$  in dem Verzögerungsspeicher des Antwortknotens N2 selbst, und der Anforderungsknoten N1 liest die in dem Verzögerungsgrößenspeicher des Antwortknotens N2 gespeicherte Verzögerungsabweichung.

[0160] In einem dritten Erfassungsmodus misst jeder Antwortknoten N2 die Verzögerungsabweichungsgröße zu dem Anforderungsknoten N1, und überträgt diese Verzögerungsabweichungsgröße zu dem Anforderungsknoten N1.

[0161] Hiernach legt, wie in Fig. 20 gezeigt, der Anforderungsknoten N1, zusammen mit dem Steuerinhalt, den Zeitstempelwert T20 fest, als Zeit für das Ausführen dieses Steuerinhalts, durch Rücksetzen der Zeit um den Abschnitt der Verzögerungsabweichungsgröße  $\Delta t_{21}$  im Hinblick auf

eine Verzögerungsabweichungsgröße jedes Antwortknotens N2, und bewirkt ein Senden von dem Anforderungsknoten N1 zu jedem Antwortknoten N2. Im Gegensatz hierzu wird bei der Antwortknoten-N2-Seite bei Erreichen der Zeit, an-

gezeigt durch den empfangenen Zeitstempelwert t22, der empfangene Steuerinhalt ausgeführt. In diesem Fall wird aufgrund der Tatsache, dass der empfangene Zeitstempelwert t22 bereits die Berücksichtigung der Verzögerungsabweichungsgröße umfasst, der Steuerinhalt direkt ausgeführt.

[0162] Gemäß der vierten Ausführungsform wird durch Kompensieren der Zeitgeberverzögerung des Zykluszeitgebers jedes Knoten in dem Bereich der Spezifikation von IEEE1394 (die existierende Spezifikation von IEEE1394-1995), der Synchronismus hoher Präzision realisiert, wenn IEEE1394 bei einer beliebigen Anwendung verwendet wird. Ferner kann aufgrund der Tatsache, dass sämtliche Knoten nicht eine Zeitgeberkompensation erfordern, die Verzögerung lediglich im erforderlichen Knoten, wie erforderlich, gemessen und kompensiert werden.

[0163] Weiterhin ist es dann, wenn IEEE1394 als offene Schnittstelle zwischen dem Controller und dem Servoantrieb verwendet wird, möglich, die Zeitgeberverzögerung zwischen dem Controller und dem Servomotor oder zwischen Servomotoren zu kompensieren, und es wird eine Steuerung mit hoher Geschwindigkeit und hoher Präzision realisiert. Da die Zeitgeberverzögerung bei der Servoseite kompensiert wird, ist keine Änderung bei der Controllerseite erforderlich. Weiterhin wird sie aufgrund der Tatsache, dass alle Steuerobjekteinrichtungen nicht eine Zeitgeberkompensation erfordern, die Verzögerung messen und kompensieren, und zwar lediglich den erforderlichen Servoknoten, wie erforderlich.

[0164] Schließlich wird eine fünfte Ausführungsform der Erfindung erläutert. Bei der fünften Ausführungsform wird IEEE1394, wie für die erste bis vierte Ausführungsform gezeigt, als offene Schnittstelle zwischen einem Controller und einem Servoantrieb verwendet.

[0165] Obgleich der Controller eine Zyklusnebeneinheit sein kann, der Servoantrieb als Steuerobjekteinrichtung die andere Zyklusnebeneinheit sein kann und einer der Servoantriebe der Steuerobjekteinrichtungen die Zyklushaupteinheit sein kann, wird hier bevorzugt, den Controller als Zyklushaupteinheit zu verwenden, sowie alle Servoantriebe der Steuerobjekteinrichtungen als Zyklusnebeneinheiten.

[0166] Der Controller sendet Daten wie Servodaten durch das isochrone Paket zu dem Servoantrieb aus, und der Servoantrieb bewirkt die Rückgabe der Rückkopplungsdaten durch ein isochrones Paket und andere an den Controller. In diesem Fall kann dann, wenn der Controller die Zyklushaupteinheit ist, in der isochronen Übertragungszeit solange das Steuerpaket des Controllers mit Priorität ausgesendet werden, d. h. bei dem Beginn des isochronen Pakets.

[0167] Durch geeignetes Kombinieren der ersten bis vierten Ausführungsform lässt sich die Zeitgeberverzögerungsmessung und Kompensation des Controllers und Servoantriebs ausführen, jedoch wird in der Zeitgeberverzögerungskompensations-Verarbeitungsabfolge, wie sie hier erläutert wird, eine Reihe von Betriebsschritten im Zusammenhang mit dem Messen der Zeitgeberverzögerung durch den Controller managen, und die Zeitgeberverzögerungskompensation wird bei der Servoantriebsseite ausgeführt.

[0168] Die Fig. 21 zeigt ein Flussdiagramm zum Darstellen der Zeitgeberverzögerungskompensations-Verarbeitungsprozedur in dem Fall, dass die Zeitgeberverzögerungskompensation bei der Servoantriebsseite ausgeführt wird. Wie in Fig. 21 gezeigt, wird zunächst der Servoantrieb mit dem Controller verbunden (Schritt S101). Anschließend detektiert die Netzwerkstrukturänderungs-Beurteilungseinheit

des Controllers eine Änderung der Netzwerkstruktur, und lediglich einmal nach der Restrukturierung des Netzwerks misst der Controller die Zeitgeberverzögerung zwischen den Servoantrieben, und diese Zeitgeberverzögerungsgröße wird in der Datentabelle des Controllers selbst gespeichert (Schritt S102).

[0169] Hiernach überträgt der Controller die Zeitgeberverzögerungsgröße zu jedem Servoantrieb (Schritt S103), und bei Empfang dieser Zeitgeberverzögerungsgröße kompensiert der Servoantrieb die Zeitgeberverzögerung auf der Grundlage dieser Zeitgeberverzögerungsgröße (Schritt S104), wodurch dieser Prozess abgeschlossen wird.

[0170] Als nächstes wird in dem Fall der Erzeugung eines im Hinblick auf die Verzögerung durch den Controller kompensierten Zeitstempels die Zeitgeberverzögerungskompensations-Verarbeitungsabfolge erläutert. Die Fig. 22 zeigt ein Flussdiagramm zum Darstellen der Verzögerungskompensations-Verfahrensprozedur wenn der im Hinblick auf die Verzögerung kompensierte Zeitstempel durch den Controller generiert wird. Wie in Fig. 22 gezeigt, wird genauso wie im Fall des Schritts S101 der Servoantrieb mit dem Controller verbunden (S201). Dann detektiert die Netzwerkstrukturänderungs-Beurteilungseinheit des Controllers eine Änderung in der Netzwerkstruktur, und lediglich einmal nach der Restrukturierung des Netzwerks misst der Controller die Zeitgeberverzögerung zwischen den Servoantrieben, und diese Zeitgeberverzögerungsgröße wird in der Datentabelle des Controllers selbst gespeichert (Schritt S202). Hiernach erzeugt der Controller dem in Hinblick auf die Zeitgeberverzögerungsgröße kompensierten Zeitstempel, und bewirkt eine Übertragung zu der Servoantriebsseite (Schritt S203), wodurch dieser Prozess abgeschlossen wird.

[0171] Bei dieser fünften Ausführungsform lässt sich selbst in dem Fall des Systems, das einen Synchronismus mit hoher Geschwindigkeit und hoher Präzision erfordert, wie im Fall des Steuersystems bestehend aus dem Controller und dem Servoantrieb, die Zeitgeberverzögerungskompensation zwischen dem Controller und dem Servoantrieb sicher und präzise ausführen, durch Verwenden einer offenen Schnittstelle von IEEE1394, zwischen dem Controller und dem Servoantrieb.

[0172] Wie hier zuvor beschrieben, misst gemäß der vorliegenden Erfindung dann, wenn die Synchronisierung der Knoten in dem Netzwerk erfolgt, die unter Verwendung von IEEE1394 verbunden sind, die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit die Verzögerungsabweichungsgröße zwischen den Zykluszeitgebern jedes Knotens, und die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit korrigiert die Abweichungsverzögerung zwischen den Zeitgebern auf der Grundlage der Verzögerungsabweichungsgröße, gemessen durch die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit, und demnach lässt sich die Zeitgeberverzögerung zwischen den Zykluszeitgebern jedes Knoten in dem spezifizierten Bereich gemäß IEEE1394 kompensieren, und das System mit der Fähigkeit zum Ausführen einer synchronen Steuerung mit hoher Geschwindigkeit und hoher Präzision wird realisiert.

[0173] Ferner überträgt die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit bei Messung der Verzögerungsabweichungsgröße zwischen einem Anforderungsknoten und einem Antwortknoten ein Paket; auf das durch den Antwortknoten in einer physikalischen Schicht geantwortet werden kann, von dem Anforderungsknoten zu dem Antwortknoten, und sie misst die erforderliche Zeit von der Übertragung des Pakets durch den Anforderungsknoten bis zu der Rückgabe des Pakets durch die physikalische Schicht des Antwortknotens gemäß der das Paket zu dem Anforderungsknoten zurückgegeben wird, und sie berechnet die Verzögerungsabweichungsgröße unter Verwendung des Maximalwerts, Minimalwerts, Durchschnitts- oder gewichteten Durchschnitts der Antwortzeit der physikalischen Schicht selbst des Antwortknotens, und demnach lässt sich die Verzögerungsabweichungsgröße zwischen Zykluszeitgebern einfach schätzen.

chungsgröße unter Verwendung des Maximalwerts, Minimalwerts, Durchschnitts- oder gewichteten Durchschnitts der Antwortzeit der physikalischen Schicht selbst des Antwortknotens, und demnach lässt sich die Verzögerungsabweichungsgröße zwischen Zykluszeitgebern einfach schätzen.

[0174] Ferner ist das von dem Anforderungsknoten zu dem Antwortknoten ausgesendete Paket ein Ping Paket, und das von dem Antwortknoten zu dem Anforderungsknoten zurückgegebene Paket ist ein Selbst\_ID Paket, so dass die Paketantwort in der physikalischen Schicht des Antwortknotens realisiert ist, und demnach lässt sich die Verzögerungsabweichungsgröße zwischen Zykluszeitgebern einfach schätzen.

[0175] Ferner ist das von dem Anforderungsknoten zu dem Antwortknoten ausgesendete Paket ein Fernzugangspaket, und das von dem Antwortknoten zu dem Anforderungsknoten zurückgegebene Paket ist ein Fernantwortpaket, so dass die Paketantwort in der physikalischen Schicht des Antwortknotens realisiert wird, demnach lässt sich die Verzögerungsabweichungsgröße zwischen Zykluszeitgebern einfach schätzen.

[0176] Ferner ist das von dem Anforderungsknoten zu dem Antwortknoten ausgesendete Paket ein Fernbefehlspaket, und das von dem Antwortknoten zu dem Anforderungsknoten zurückgegebene Paket ist ein Fernbestätigungspaket, so dass die Paketantwort in der physikalischen Schicht des Antwortknotens realisiert wird, und demnach lässt sich die Verzögerungsabweichungsgröße zwischen Zykluszeitgebern einfach schätzen.

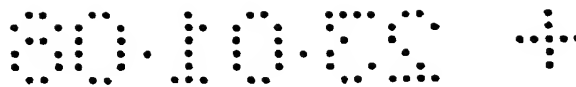
[0177] Ferner überträgt die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit ein Lesepaket von einem Anforderungsknoten zu einem Antwortknoten, und sie liest den Zykluszeitgeberwert des Antwortknotens, und sie berechnet dann, wenn der Anforderungsknoten ein Leseantwortpaket einschließlich dieses gelesenen Zykluszeitgeberwerts empfängt, die Verzögerungsabweichungsgröße auf der Grundlage der Differenz zwischen dem empfangenen Zykluszeitgeberwert und dem Zykluszeitgeberwert des Anforderungsknotens, und demnach lässt sich durch Lesen der Zykluszeitgeberwerte die Verzögerungsabweichungsgröße zwischen Zykluszeitgebern einfach erhalten.

[0178] Ferner beurteilt die Beurteilungseinheit des Anforderungsknotens, ob eine Reihe der Abfolge von der Übertragung des Lesepakets bis zu der Rückgabe des Leseantwortpakets innerhalb einer selben asynchronen Übertragungszeitzone abgeschlossen ist oder nicht, die die Zeitzone derselben asynchronen Übertragung darstellt und beurteilt die Beurteilungseinheit das Abschließen derselben asynchronen Übertragungszeitzone, so wird ein Lesepaket zu dem Antwortknoten ausgesendet, so dass das Leseantwortpaket innerhalb derselben asynchronen Übertragungszeitzone zurückgegeben werden kann, und demnach kann die Verzögerungsabweichungsgröße mit hoher Zuverlässigkeit gemessen werden.

[0179] Ferner beurteilt die Beurteilungseinheit der oberen Schicht des Antwortknotens, ob eine asynchrone Übertragungszeitzone eine Zeitzone einer asynchronen Übertragung ist oder nicht, und beurteilt die Beurteilungseinheit das Vorliegen einer asynchronen Übertragungszeitzone, so akkumuliert die obere Schicht das Leseantwortpaket in einem Übertragungspuffer (TX\_FIFO), so dass der Leseantwortpuffer unmittelbar zu dem Anforderungsknoten ohne langem Verbleib in dem Übertragungspuffer zurückgegeben werden kann, und demnach lässt sich die Verzögerung der Abweichungsgröße mit hoher Zuverlässigkeit messen.

[0180] Ferner schreibt die Schreibeinheit der Verbindungsschicht des Antwortknotens den Zykluszeitwert des





zugeordneten Antwortknotens in das Leseantwortpaket unmittelbar bevor das Leseantwortpaket von dem Verbindungsschichtpuffer ausgesendet wird, und demnach lässt sich die Verzögerungsabweichungsgröße mit hoher Zuverlässigkeit messen.

[0181] Ferner speichert der Zykluszeitgeber-Verzögerungsspeicher die Verzögerungsabweichungsgröße zwischen allen Knoten in einem Datentabellenformat, und demnach lässt sich die Verzögerungsabweichungsgröße wirksam erfassen.

[0182] Ferner ist der Zykluszeitgeber-Verzögerungsspeicher in dem Knoten als Zyklushaupteinheit vorgesehen, und demnach lässt sich die Verzögerungsabweichungsgröße wirksam managen.

[0183] Ferner misst, wenn die Netzwerkstrukturänderungs-Beurteilungseinheit eine Änderung der Netzwerkstruktur beurteilt, nach der Restrukturierung des Netzwerks, die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit die wechselseitige Verzögerungsabweichungsgröße der Zykluszeitgeber, und die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrektureinheit korrigiert lediglich einmal die wechselseitige Verzögerungsabweichung der Zykluszeitgeber auf der Grundlage dieser Verzögerungsabweichungsgröße, und demnach lässt sich die Verzögerungsabweichungsgröße akkurat und sicher messen und korrigieren, ohne Auslösen irgendeiner Auswirkung auf den Verkehr des Netzwerks.

[0184] Ferner ist die Netzwerkstrukturänderungs-Beurteilungseinheit in dem Knoten als Zyklushaupteinheit vorgesehen, und demnach lässt sich die Verzögerungsabweichung korrekt, prompt und wirksam messen.

[0185] Ferner sind die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit und die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrektureinheit in dem spezifizierten Knoten unter Verwendung des Synchronismus der Knoten vorgesehen, und demnach kann der Knoten, der den Synchronismus zwischen den Knoten erfordert, sicher die Verzögerungsabweichungsgröße messen und korrigieren.

[0186] Ferner überträgt der Knoten der Zyklushaupteinheit mit dem Zykluszeitgeber als Referenz für den Synchronismus die Verzögerungsabweichungsgröße, gemessen durch den Knoten zu dem spezifizierten Knoten durch die Zykluszeitgeberverzögerungs-Übertragungseinheit, und er speichert die durch den Knoten gemessene Verzögerungsabweichungsgröße in der Datentabelle, und der spezifizierte Knoten erfasst die Verzögerungsabweichungsgröße von dem Knoten der Zyklushaupteinheit, und die Verzögerungsabweichung des Zykluszeitgebers des Knotens wird korrigiert, und zwar auf der Grundlage der Verzögerungsabweichungsgröße, die später zu dem spezifizierten Knoten übertragen wird, oder der erfassten Verzögerungsabweichungsgröße, und demnach lässt sich die Verzögerungsabweichungsgröße messen und sicher korrigieren.

[0187] Ferner legt die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrektureinheit den Zykluszeitgeberwert fest, auf der Grundlage der Verzögerungsabweichungsgröße dann, wenn das Zyklusstartpaket empfangen wird, und demnach kann der synchronisierte Steuerprozess sicher ausgeführt werden.

[0188] Ferner korrigiert die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrektureinheit die Verzögerungsabweichung unter Verwendung der Verzögerungsabweichungsgröße dann, wenn die obere Schicht den Zykluszeitgeberwert verwendet, und demnach kann die Steuerverarbeitung unter Verwendung der Zeit ausgeführt werden, die gemäß der Verzögerungsabweichungsgröße bei der geeigneten Zeit korrigiert wird, und eine Unbequemlichkeit aufgrund einer FehlAbstimmung des Korrekturzeitablaufs der Verzögerungsabweichungsgröße lässt sich eliminieren.

[0189] Ferner liegt die Zykluszeitgeberverzögerungs-

Korrektureinheit des spezifizierten Knotens den Zykluszeitgeberwert fest, nach einer Korrektur der Verzögerungsabweichung unter Verwendung der Verzögerungsabweichungsgröße bei einer beliebigen zeitlichen Einteilung, in dem zweiten Zykluszeitgeber, und demnach lässt sich die

Steuerverarbeitung unter Verwendung der Zeit ausführen, die um die Verzögerungsabweichungsgröße bei der geeigneten Zeit korrigiert ist, und eine Unbequemlichkeit aufgrund einer FehlAbstimmung (engl.: matching-matching) der Korrekturzeiteinteilung der Verzögerungsabweichungsgröße lässt sich eliminieren.

[0190] Ferner aktualisiert die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrektureinheit den Zeitstempelwert des Zeitstempels, der von dem Knoten der Zyklushaupteinheit gesendet wird, auf der Grundlage der Verzögerungsabweichungsgröße, und die Zeitstempel-Zeitüberwachungseinheit überwacht die Zeit, angezeigt durch den aktualisierten Zeitstempelwert, und demnach lässt sich die Verzögerungsabweichungsgröße sicher unter Verwendung des Zeitstempels korrigieren.

[0191] Ferner sind die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit und die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrektureinheit in dem Knoten als eine Zyklushaupteinheit vorgesehen, und demnach lässt sich die Verzögerungsabweichungsgröße zwischen den Zykluszeitgebern wirksam messen und korrigieren.

[0192] Ferner überträgt der spezifizierte Knoten die Verzögerungsabweichungsgröße, gemessen durch den spezifizierten Knoten, an dem Knoten der Zyklushaupteinheit, oder er erfasst die Verzögerungsabweichungsgröße von dem spezifizierten Knoten, und die Verzögerungsabweichung der Zyklushaupteinheit des Knotens der Zyklushaupteinheit wird korrigiert, auf der Grundlage der Verzögerungsabweichungsgröße, die später zu dem spezifizierten Knoten übertragen wird, oder der erfassten Verzögerungsabweichungsgröße, und demnach lässt die Verzögerungsabweichungsgröße sicher messen und korrigieren.

[0193] Ferner aktualisiert die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrektureinheit den Zeitstempelwert des Zeitstempels, der durch die Zeitstempel-Erzeugungseinheit des Knotens der eigenen Zyklushaupteinheit erzeugt wird, auf der Grundlage der Verzögerungsabweichungsgröße, und sie überträgt die Daten einschließlich dieses aktualisierten Zeitstempelwerts zu dem spezifizierten Knoten, und demnach lässt sich die Verzögerungsabweichungsgröße sicher unter Verwendung des Zeitstempels korrigieren.

[0194] Ferner kann das Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 auf ein Steuersystem, bestehend aus einer Servoantriebseinrichtung und einem Controller für die Kontrolle desselben angewandt werden, und demnach wird eine synchrone Steuerung mit hoher Geschwindigkeit und hoher Präzision sicher ausgeführt.

[0195] Ferner wird der Controller als die Zyklushaupteinheit verwendet, so dass sich die Verzögerungsabweichungsgröße wirksam messen und korrigieren lässt, und demnach lässt sich ein Steuersystem mit der Fähigkeit zum Ausführen einer synchronen Steuerung mit hoher Geschwindigkeit und hoher Präzision realisieren.

[0196] Obgleich die Erfindung im Hinblick auf eine spezifische Ausführung für eine vollständige und klare Offenbarung beschrieben ist, sind die angefügten Patenansprüche nicht derart eingeschränkt, sondern sind so zu verstehen, dass sie sämtliche Modifikationen und alternative Konstruktionen umfassen, die für den Fachmann deutlich innerhalb der hier herausgestellten grundlegenden technischen Lehre erkennbar sind.

27

Fig. 1

Erforderliche Zeit  
Zeit  
(N1) Anforderungsknoten  
(N2) Antwortknoten  
Physikalische Schicht  
Ping  
Selbst\_ID  
Übertragungsverzögerung  
Antwort\_Zeit

Fig. 2

Zyklushaupteinheit  
(N1) Anforderungsknoten  
Verbindungsschicht  
(N2) Antwortknoten  
Obere Schicht  
Zyklusstart  
Zeitgeberverzögerung  
Asynchrone Übertragungszeitzone  
Lesen  
Verarbeitungszeit  
Leseantwort  
Zeit  
Zeitgeberverzögerung

Fig. 3

Beurteilungseinheit  
Pufferverweilzeit  
Isochrone Übertragungszeitzone  
Zyklushaupteinheit  
(N1) Anforderungsknoten  
Verbindungsschicht  
(N2) Antwortknoten  
Obere Schicht  
Zyklusstart  
Zeitgeberverzögerung  
Asynchrone Übertragungszeitzone  
Lesen  
Verarbeitungszeit  
Leseantwort  
Zeit  
Zeitgeberverzögerung

Fig. 3

Beurteilungseinheit  
Pufferverweilzeit  
Isochrone Übertragungszeitzone  
Zyklushaupteinheit  
(N1) Anforderungsknoten  
Verbindungsschicht  
(N2) Antwortknoten  
Obere Schicht  
Zyklusstart  
Zeitgeberverzögerung  
Asynchrone Übertragungszeitzone  
Lesen  
Verarbeitungszeit  
Leseantwort  
Zeit  
Zeitgeberverzögerung

28

Fig. 5

Schreibeinheit  
Beurteilungseinheit  
5 Pufferverweilzeit  
Isochrone Übertragungszeitzone  
Zyklushaupteinheit  
(N1) Anforderungsknoten  
Verbindungsschicht  
10 (N2) Antwortknoten  
Obere Schicht  
Zyklusstart  
Zeitgeberverzögerung  
Asynchrone Übertragungszeitzone  
15 Lesen  
Verarbeitungszeit  
Leseantwort  
Zeit  
20 Zeitgeberverzögerung

Fig. 6

(NM) Zyklushaupteinheit  
(NS) Zyklusnebeneinheit  
25 Verzögerungsmessung  
Verzögerungsübertragung

Fig. 7

30 Speicher  
Erfassung  
(NM) Zyklushaupteinheit  
(NS) Zyklusnebeneinheit  
Verzögerungsmessung  
35

Fig. 8

(NM) Zyklushaupteinheit  
(NS) Zyklusnebeneinheit  
40 Verzögerungsmessung

Fig. 9

Verzögerungsberechnung  
45 (NM) Zyklushaupteinheit  
(NS) Zyklusnebeneinheit  
Verzögerungsmessung

Fig. 10

50 (NM) Zyklushaupteinheit  
(NS) Zyklusnebeneinheit  
Verzögerungsmessung  
Speicher  
55 Erfassung  
Verzögerungsberechnung

Fig. 11

60 Berechnung  
(NM) Zyklushaupteinheit  
(NS) Zyklusnebeneinheit  
Verzögerungsmessung  
Speicher  
65 Erfassung

29

Fig. 12

(NM) Zyklushaupteinheit  
(NS) Zyklusnebeneinheit  
Verzögerungsmessung  
Verzögerungsübertragung

Fig. 13

(NM) Zyklushaupteinheit  
(NS) Zyklusnebeneinheit  
Verzögerungsmessung  
Speicher  
Erfassung

Fig. 14

(NS) Zyklusnebeneinheit  
Verzögerungsmessung

Fig. 15

(NM) Zyklushaupteinheit  
(NS) Zyklusnebeneinheit  
Verbindungsschicht  
Zykluszeitgeber der Zyklushaupteinheit  
Zyklusstart  
Zeit  
Zeitgeberverzögerung  
Zykluszeitgeber der Zyklusnebeneinheit  
Zykluszeitgeberwert wird unter Berücksichtigung der Zeitgeberverzögerung verwendet

Fig. 16

Zykluszeitgeberwert wird unter Berücksichtigung der Zeitgeberverzögerung verwendet  
(NM) Zyklushaupteinheit  
(NS) Zyklusnebeneinheit  
Verbindungsschicht  
Zyklusstart  
Zeit  
Zeitgeberverzögerung  
Obere Schicht

Fig. 17

Zweiter Zeitgeber ist ein kompensierter Zeitgeber  
Zeitgeber wird mit beliebiger zeitlicher Einteilung kompensiert  
(NM) Zyklushaupteinheit  
(NS) Zyklusnebeneinheit  
Verbindungsschicht  
Zyklusstart  
Zeit  
Zeitgeberverzögerung  
Obere Schicht

Fig. 18

Zyklushaupteinheit  
Verbindungsschicht  
Zyklusstart  
Zeit  
Zeitgeberverzögerung  
Obere Schicht  
(N1) Anforderungsknoten  
(N2) Antwortknoten

30

Befehl mit Zeitstempel  
Zeitstempelwert unter Berücksichtigung der Verzögerungsgröße  
Start der in dem Befehl beschriebenen Aktion

Fig. 19

Zyklushaupteinheit  
Verbindungsschicht  
10 Zyklusstart  
Zeit  
Zeitgeberverzögerung  
Obere Schicht  
(N1) Anforderungsknoten  
15 (N2) Antwortknoten  
Start der in dem Befehl beschriebenen Aktion  
Befehl mit Zeitstempel  
Warten bis zu der Zeit Zeitstempel

Fig. 20

Zyklushaupteinheit  
Verbindungsschicht  
Zyklusstart  
25 Zeit  
Zeitgeberverzögerung  
Obere Schicht  
(N1) Anforderungsknoten  
(N2) Antwortknoten  
30 Start der in dem Befehl beschriebenen Aktion  
Befehl mit Zeitstempel  
Warten bis zu der Zeit Zeitstempel  
Zeitstempelwert unter Berücksichtigung der Verzögerungsgröße

Fig. 21

Start  
Ende  
40 S101 Verbinde Controller und Servo-Einrichtung  
S101 Controller misst Zeitgeberverzögerung zu jeder Servoeinheit und speichert in Datentabelle, lediglich einmal unmittelbar nach der Netzwerkrestrukturierung, und er speichert die gemessenen Werte  
45 S103 Übertragen Zeitgeberverzögerung an Servoeinheit  
S104 Servoeinheit kompensiert Zeitgeber-Verzögerung

Fig. 22

50 Start  
Ende  
S201 Verbinde Controller und Servo-Einrichtung  
S202 Controller misst Zeitgeberverzögerung zu jeder Servoeinheit und speichert in Datentabelle, lediglich einmal unmittelbar nach der Netzwerkrestrukturierung, und er speichert die gemessenen Werte  
55 S203 Controller erzeugt einen Zeitstempel zum Kompensieren der Zeitgeberverzögerung und überträgt ihn an die Servoeinheit

Fig. 23

Konfigurationsfehlerkontrolle  
Lesen, Schreiben, Verriegeln  
65 Transaktionsschicht  
Paket  
Seriell Busmanagement  
Firmware

Verbindungsschicht  
 Isochrone Daten  
 Zyklussteuerung  
 Paketempfangseinheit  
 Paketübertragungseinheit  
 Symbol  
 Physikalische Schicht  
 Abgleich  
 Resynchronisierung  
 Kodierung, Dekodierung  
 Verbindermedium  
 Businitialisierung  
 Signalpegel  
 Elektrische, mechanische Schnittstelle, Hardware

Fig. 24

ISO-Band  
 ASYNC-Band  
 Zyklus  
 Zyklusstartpaket  
 Datenpaket  
 Bestätigungspaket

Fig. 25

(111) Zyklushaupteinheit  
 (121) Zyklusnebeneinheit  
 Verbindungsschicht  
 Zykluszeitgeber der Zyklushaupteinheit  
 Zyklusstart  
 Zeit  
 Zeitgeberverzögerung

Fig. 26

(131) Zyklushaupteinheit  
 (141) Zyklusnebeneinheit  
 (151) Zyklusnebeneinheit  
 Verbindungsschicht  
 Zyklusstart Zeit  
 Zeitgeberverzögerung

#### Patentansprüche

1. Synchronisierungssystem unter Verwendung von IEEE1394 zum Synchronisieren zwischen Knoten in einem Netzwerk, die unter Verwendung von IEEE1394 verbunden sind, derart, dass das Synchronisierungssystem enthält:  
 eine Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit zum Messen einer wechselseitigen Verzögerungsabweichungsgröße jedes Zykluszeitgebers, der von jedem Knoten in Besitz genommen ist; und  
 eine Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrektureinheit zum Korrigieren der wechselseitigen Verzögerungsabweichung jeder Zykluszeit auf der Grundlage der Verzögerungsabweichungsgröße, gemessen durch die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit.
2. Synchronisierungssystem nach Anspruch 1, derart, dass die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit während dem Messen der Verzögerungsabweichungsgröße zwischen einem Anforderungsknoten (N1) und einem Antwortknoten ein Paket überträgt, auf das durch den Antwortknoten (N2) in einer physikalischen Schicht geantwortet werden kann, von dem Anforderungsknoten (N1) zu dem Antwortknoten (N2);

- die erforderlich Zeit von der Übertragung des Pakets durch den Anforderungsknoten (N1) bis zu der Rückgabe des Pakets durch die physikalische Schicht des Antwortknotens (N2) misst, gemäß der das Paket zu dem Anforderungsknoten (N1) zurückgegeben wird; und  
 die Verzögerungsabweichungsgröße berechnet, unter Verwendung des Maximalwerts, Minimalwerts, Durchschnitts oder gewichteten Durchschnitts der Antwortzeit der physikalischen Schicht selbst von dem Antwortknoten (N2).
3. Synchronisierungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das von dem Anforderungsknoten (N1) zu dem Antwortknoten (N2) ausgesendete Paket ein Ping Paket ist, und dass von dem Antwortknoten (N2) zu dem Anforderungsknoten (N1) zurückgegebene Paket ein Selbst\_ID Paket ist.
4. Synchronisierungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das von dem Anforderungsknoten (N1) zu dem Antwortknoten (N2) ausgesendete Paket ein Fernzugriffspaket ist, und dass von dem Antwortknoten (N2) zu dem Anforderungsknoten (N1) zurückgegebene Paket ein Fernantwortpaket ist.
5. Synchronisierungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das von dem Anforderungsknoten (N1) zu dem Antwortknoten (N2) ausgesendete Paket ein Fernbefehlspaket ist, und dass von dem Antwortknoten (N2) zu dem Anforderungsknoten (N1) zurückgegebene Paket ein Fernbestätigungspaket ist.
6. Synchronisierungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit ein Lesepaket von einem Anforderungsknoten (N1) zu einem Antwortknoten (N2) überträgt; der Zykluszeitgeberwert des Antwortknotens (N2) liest; und  
 dann, wenn der Antwortknoten (N2) ein Leseantwortpaket einschließlich dieses gelesenen Zykluszeitgeberwerts empfängt, die Verzögerungsabweichungsgröße berechnet, auf der Grundlage der Differenz zwischen dem empfangenen Zykluszeitgeberwert und dem Zykluszeitgeberwert des Anforderungsknotens (N1).
7. Synchronisierungssystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Anforderungsknoten (N1) eine Beurteilungseinheit enthält, zum Beurteilen, ob eine Reihe der Abfolge von der Übertragung des Lesepakets bis zu der Zurückgabe des Leseantwortpakets abgeschlossen ist oder nicht, innerhalb einer selben asynchronen Übertragungszeitzone, die die Zeitzone derselben asynchronen Übertragung ist, und dann, wenn die Beurteilungseinheit den Abschluss innerhalb derselben asynchronen Übertragungszeitzone beurteilt, ein Lesepaket zu dem Antwortknoten (N2) ausgesendet wird.
8. Synchronisierungssystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine obere Schicht des Antwortknotens (N2) eine Beurteilungseinheit enthält, zum Beurteilen, ob eine asynchrone Übertragungszeitzone als Zeitzone einer asynchronen Übertragung vorliegt oder nicht, und dann, wenn die Beurteilungseinheit beurteilt, dass eine asynchrone Übertragungszeitzone vorliegt, die obere Schicht das Leseantwortpaket in einem Übertragungspuffer akkumuliert.
9. Synchronisierungssystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine Verbindungsschicht des Antwortknotens (N2) eines Schreibeinheit umfasst, zum Schreiben von Daten in das Paket unmittelbar vor

dem Aussenden des Pakets, und unmittelbar vor dem Aussenden des Leseantwortpakets von dem Verbindungsschichtpuffer der Zykluszeitwert des zugeordneten Antwortknotens (N2) in das Leseantwortpaket durch die Schreibeinheit geschrieben wird.

10. Synchronisierungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Knoten einen Zykluszeitgeberverzögerungsspeicher enthält, der die Verzögerungsabweichungsgröße speichert.

11. Synchronisierungssystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Zykluszeitgeberverzögerungsspeicher die Verzögerungsabweichungsgröße zwischen all den Knoten in einem Datentabellenformat speichert.

12. Synchronisierungssystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Zykluszeitgeber-Verzögerungsspeicher in dem Knoten als Zyklushaupteinheit (NM) vorgesehen ist.

13. Synchronisierungssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass es ferner enthält:

eine Netzwerkstrukturänderungs-Beurteilungseinheit zum Beurteilen einer Änderung der Netzwerkstruktur, derart, dass

dann, wenn die Netzwerkstrukturänderungs-Beurteilungseinheit eine Änderung der Netzwerkstruktur beurteilt, nach der Restrukturierung des Netzwerks, die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit die wechselseitige Verzögerungsabweichungsgröße der Zykluszeitgeber misst, und die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit die wechselseitige Verzögerungsabweichung der Zykluszeitgeber auf der Grundlage dieser Verzögerungsabweichungsgröße korrigiert.

14. Synchronisierungssystem nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Netzwerkstrukturänderungs-Beurteilungseinheit in dem Knoten als Zyklushaupteinheit (NM) vorgesehen ist.

15. Synchronisierungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit und die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit in dem spezifizierten Knoten unter Verwendung des Synchronismus der Knoten vorgesehen sind.

16. Synchronisierungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass es ferner enthält:

eine Zeitgeberverzögerungs-Übertragungseinheit zum Übertragen der Verzögerungsabweichungsgröße, derart, dass

Knoten der Zyklushaupteinheit (NM) mit dem Zykluszeitgeber als Referenz für den Synchronismus die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit und die Zykluszeitgeberverzögerungs-Übertragungseinheit umfasst,

der spezifizierte Knoten, der sich von dem Knoten der Zyklushaupteinheit (NM) unterscheidet, die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit umfasst, und der Knoten der Zyklushaupteinheit (NM) die durch den Knoten gemessene Verzögerungsabweichungsgröße zu dem spezifizierten Knoten überträgt, oder die durch den Knoten in der Datentabelle gemessene Verzögerungsabweichungsgröße speichert, der spezifizierte Knoten die Verzögerungsabweichungsgröße von dem Knoten der Zyklushaupteinheit (NM) erfasst, und die Verzögerungsabweichung des Zykluszeitgebers auf der Grundlage der Verzögerungsabweichungsgröße korrigiert, die später zu dem spezifizierten Knoten übertragen wird, oder der erfassten Verzögerungsabwei-

chungsgröße.

17. Synchronisierungssystem nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit den Zykluszeitgeberwert festlegt, auf der Grundlage der Verzögerungsabweichungsgröße, bei Empfang des Zyklusstartpakets.

18. Synchronisierungssystem nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit die Verzögerungsabweichung unter Verwendung der Verzögerungsabweichungsgröße korrigiert, wenn die obere Schicht den Zykluszeitgeberwert verwendet.

19. Synchronisierungssystem nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass der spezifizierte Knoten ferner einen zweiten Zykluszeitgeber umfasst, und die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit den Zykluszeitgeberwert festlegt, nach Korrektur der Verzögerungsabweichung unter Verwendung der Verzögerungsabweichungsgröße mit einer beliebigen zeitlichen Einteilung, in dem zweiten Zykluszeitgeber.

20. Synchronisierungssystem nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Knoten der Zyklushaupteinheit (NM) eine Zeitstempel-Erzeugungseinheit zum Erzeugen eines Zeitstempels aufweist, der spezifizierte Knoten die Zeitstempel-Zeitüberwachungseinheit zum Überwachen der durch den Zeitstempel angezeigten Zeit aufweist, die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit den Zeitstempelwert des Zeitstempels aktualisiert, der von dem Knoten der Zyklushaupteinheit (NM) gesendet wird, auf der Grundlage der Verzögerungsabweichungsgröße, und die Zeitstempel-Zeitüberwachungseinheit die Zeit überwacht, die durch den aktualisierten Zeitstempelwert angezeigt wird.

21. Synchronisierungssystem nach Anspruch 1 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit und die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit in dem Knoten als eine Zyklushaupteinheit (NM) vorgesehen sind.

22. Synchronisierungssystem nach Anspruch 1 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass es ferner enthält:

eine Zykluszeitgeber(NM)-Verzögerungsübertragungseinheit zum Übertragen der Verzögerungsabweichungsgröße, derart, dass

der Knoten der Zyklushaupteinheit (NM) die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit aufweist, der spezifizierte Knoten, der sich von dem Knoten der Zyklushaupteinheit (NM) unterscheidet, die Zykluszeitgeberverzögerungs-Messeinheit und die Zykluszeitgeberverzögerungs-Übertragungseinheit umfasst, und

der spezifizierte Knoten die Verzögerungsabweichungsgröße - gemessen durch den spezifizierten Knoten - zu dem Knoten der Zyklushaupteinheit (NM) überträgt, oder die Verzögerungsabweichungsgröße von dem spezifizierten Knoten erfasst, und die Verzögerungsabweichung der Zyklushaupteinheit (NM) des Knotens der Zyklushaupteinheit (NM) korrigiert wird, auf der Grundlage der Verzögerungsabweichungsgröße, die später zu dem spezifizierten Knoten übertragen wird, oder der erfassten Verzögerungsabweichungsgröße.

23. Synchronisierungssystem nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Knoten der Zyklushaupteinheit (NM) eine Zeitstempel-Erzeugungseinheit zum Erzeugen eines Zeitstempels aufweist, der spezifizierte Knoten die Zeitstempel-Zeitüberwa-

chungseinheit aufweist, zum Überwachen der durch den Zeitstempel angezeigten Zeit, und die Zykluszeitgeberverzögerungs-Korrekturereinheit den Zeitstempelwert des durch die Zeitstempel-Erzeugungseinheit erzeugten Zeitstempels auf der Grundlage der Verzögerungsabweichungsgröße aktualisiert. 5

24. Synchronisierungssystem, derart, dass das Synchronisierungssystem gemäß einem der Ansprüche 1 bis 23 ein Steuersystem ist, aufgebaut aus einer Servoantriebseinrichtung und einem Controller für die Kontrolle desselben. 10

25. Synchronisierungssystem nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Controller eine Zyklus- haupteinheit (NM) ist. 15

Hierzu 20 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

80.10.02 +

- Leerseite -



+ 23.01.08

ZEICHNUNGEN SEITE 1

Nummer:

DE 101 34 166 A1

Int. Cl. 7:

H 04 L 7/04

Offenlegungstag:

13. Juni 2002

FIG.1

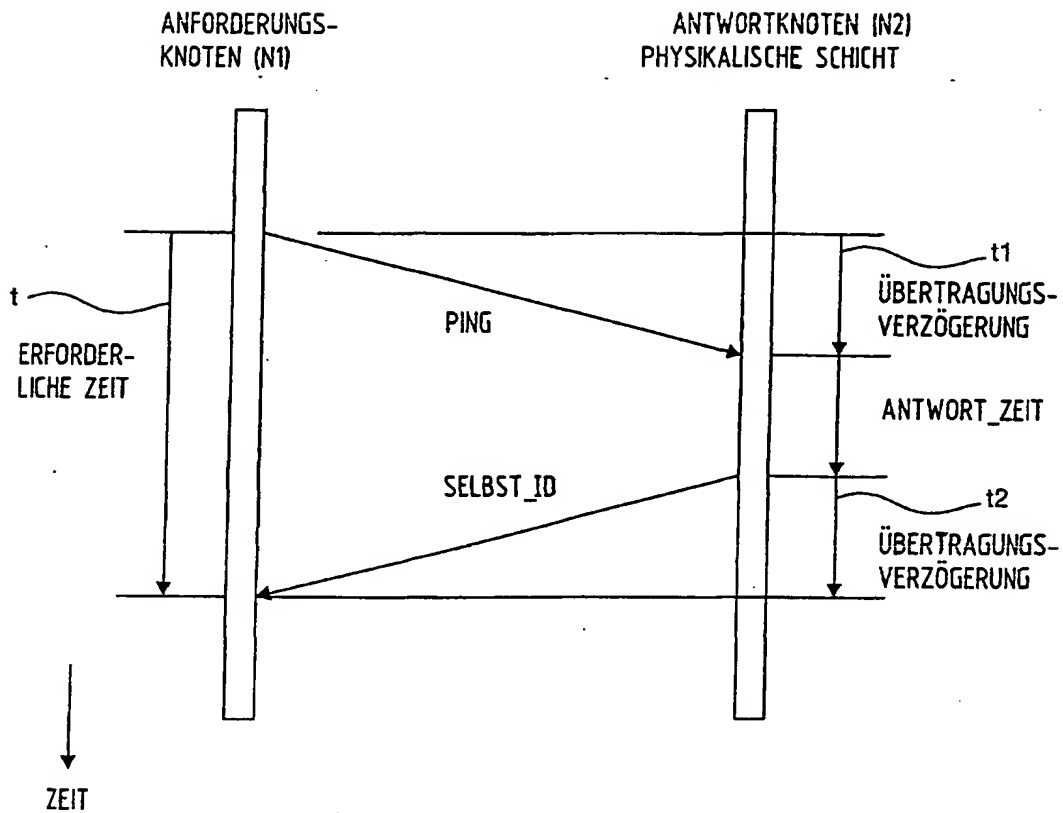
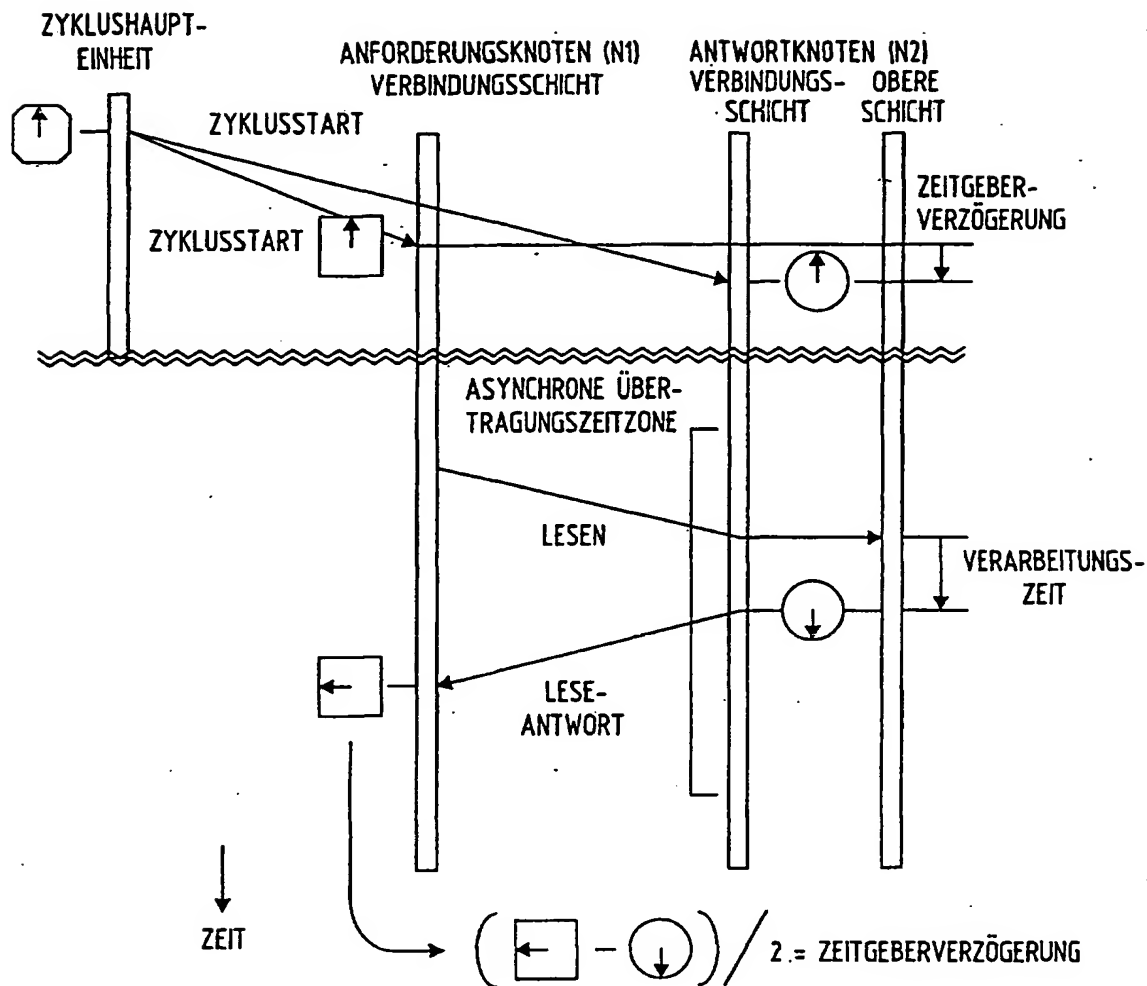


FIG.2



23.01.08

FIG.3

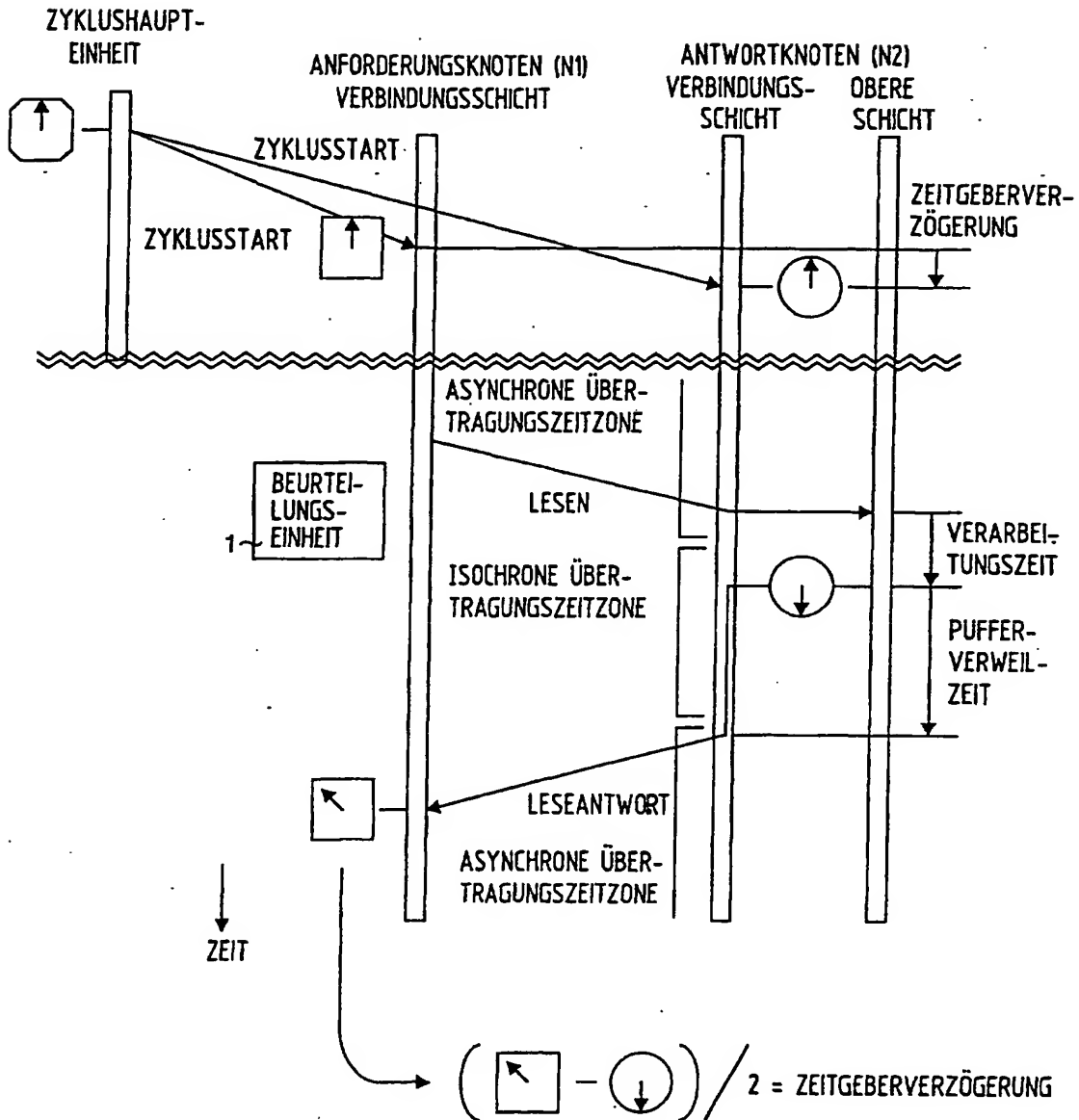
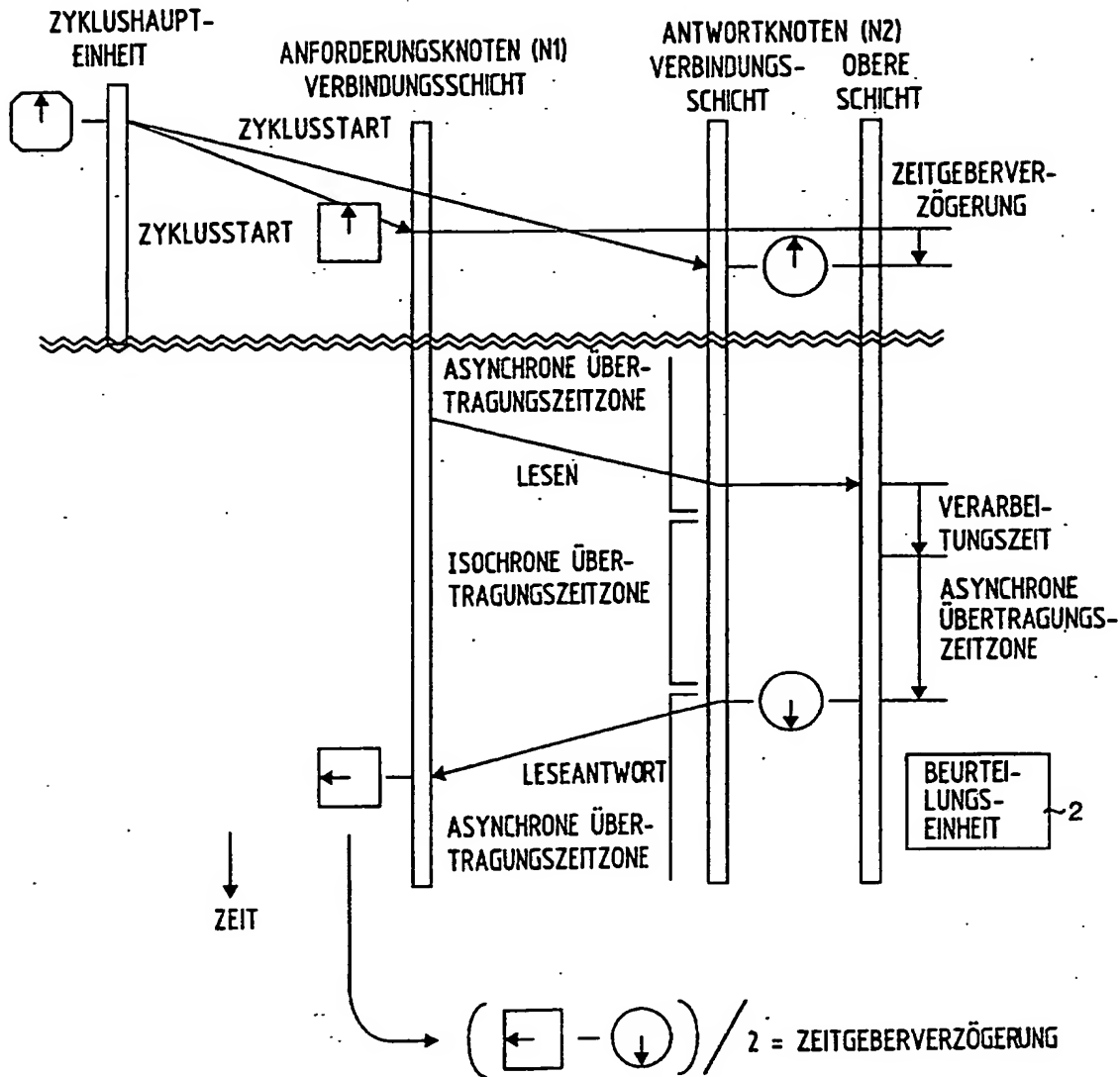


FIG.4:



+ 23.01.08

FIG.5

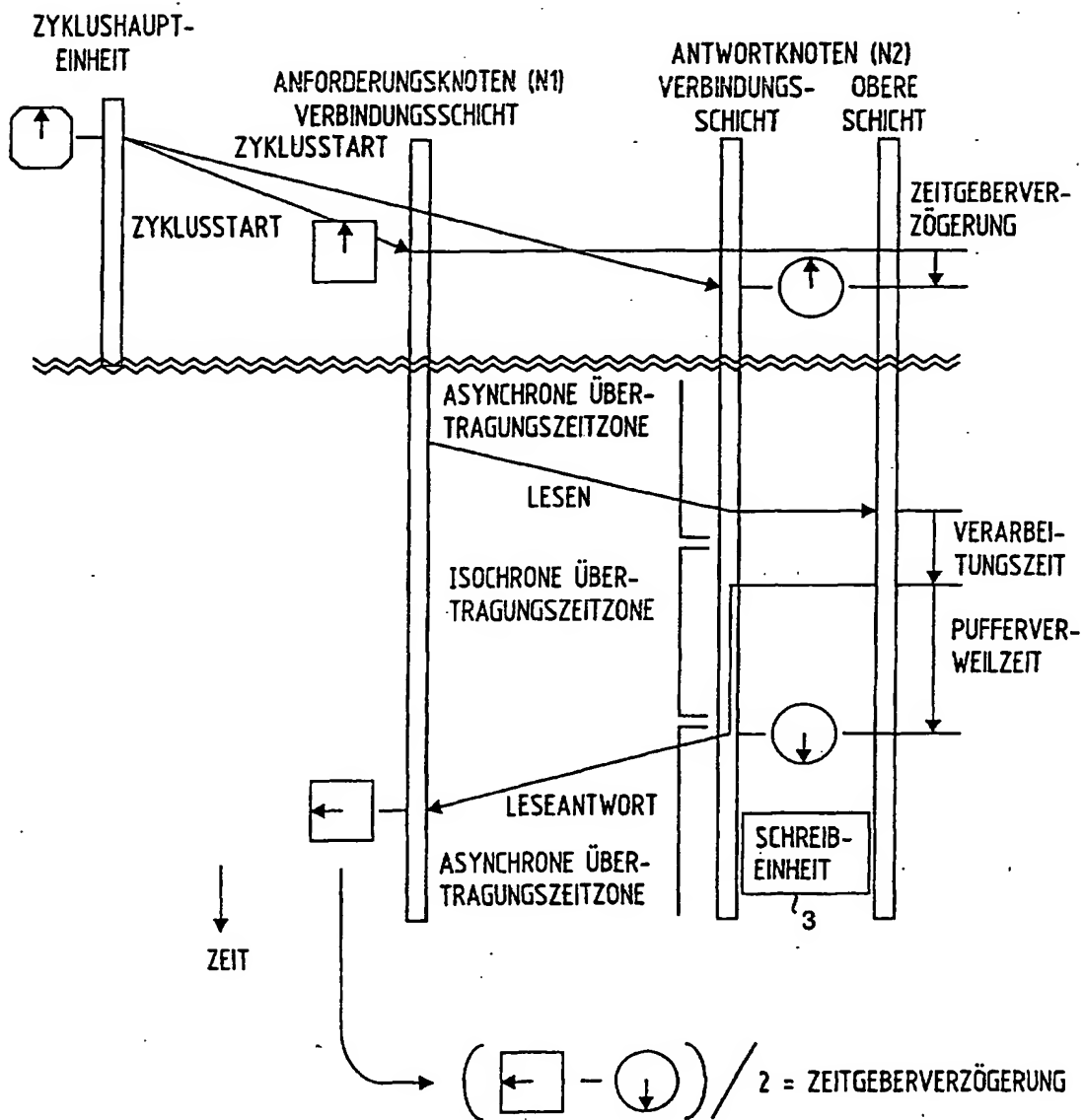


FIG.6

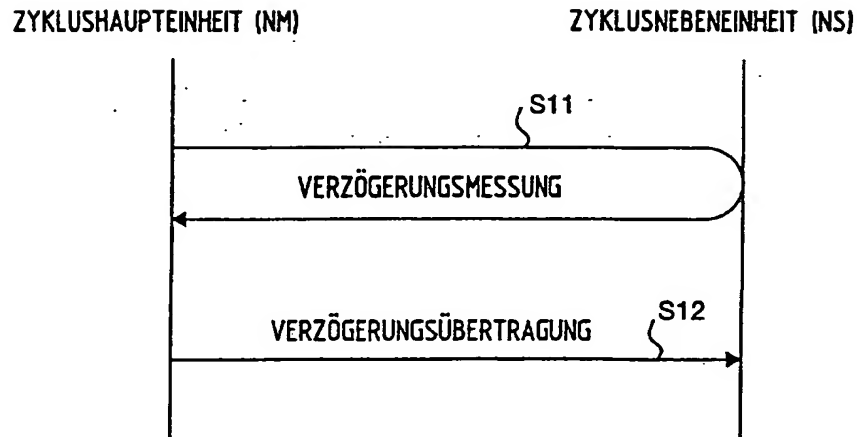


FIG.7

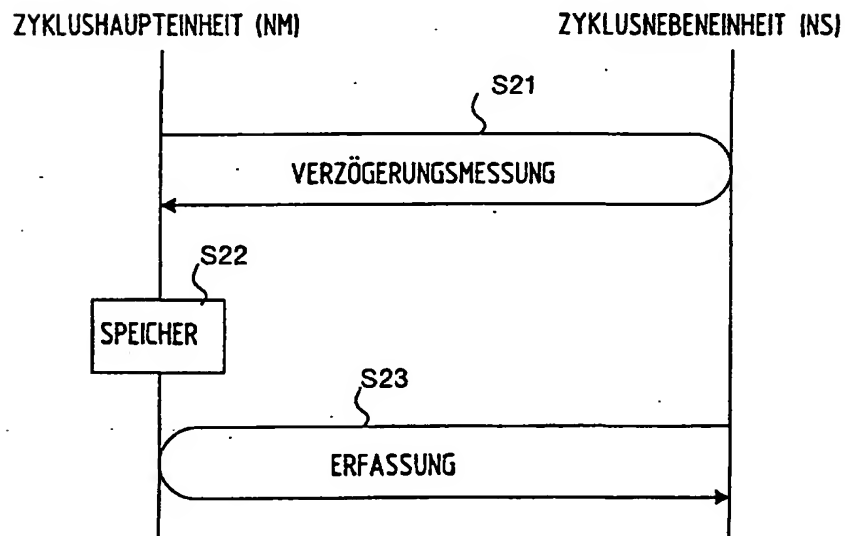


FIG.8

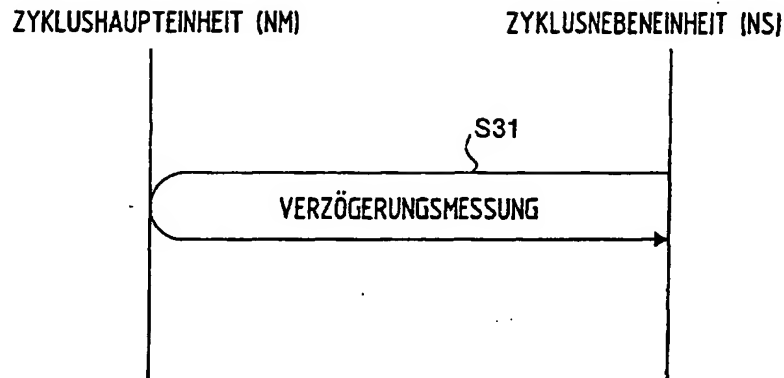


FIG.9

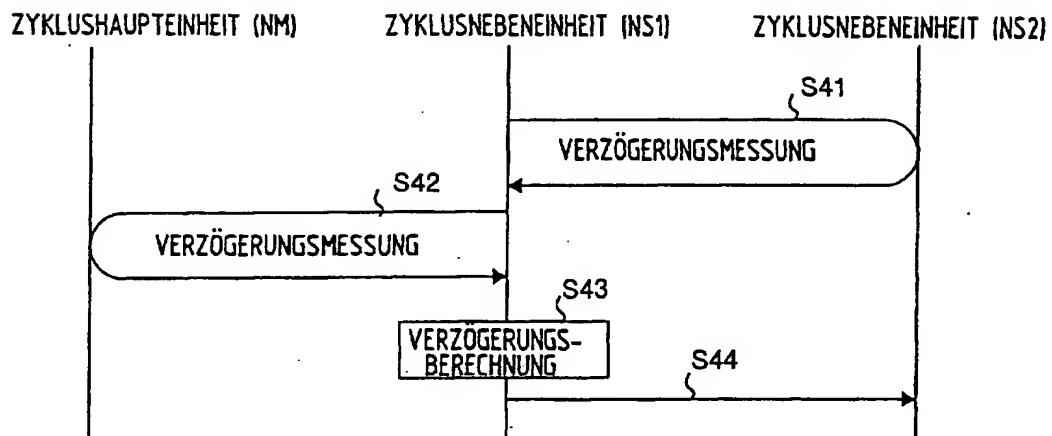




FIG.10

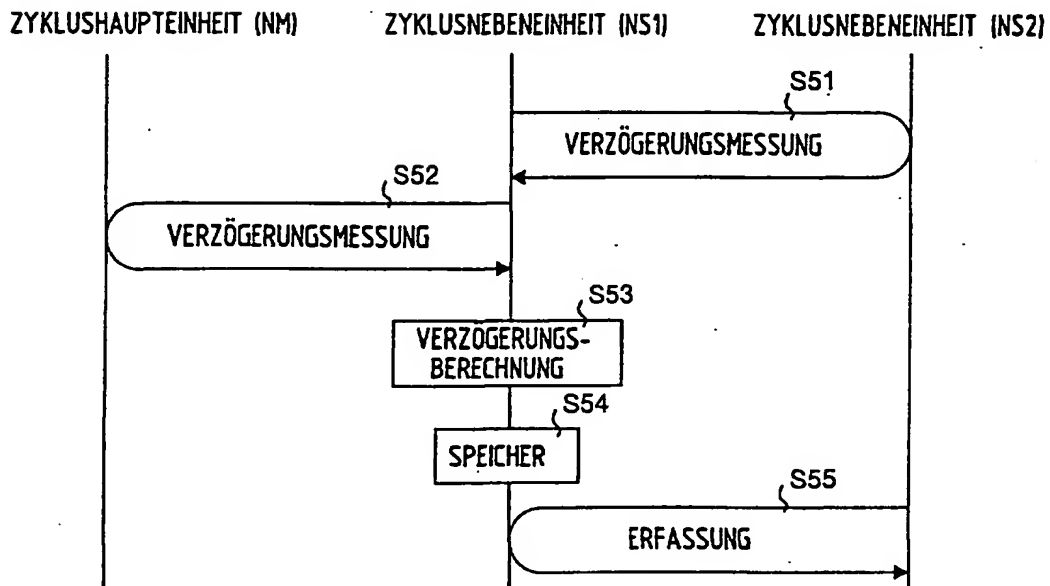


FIG.11

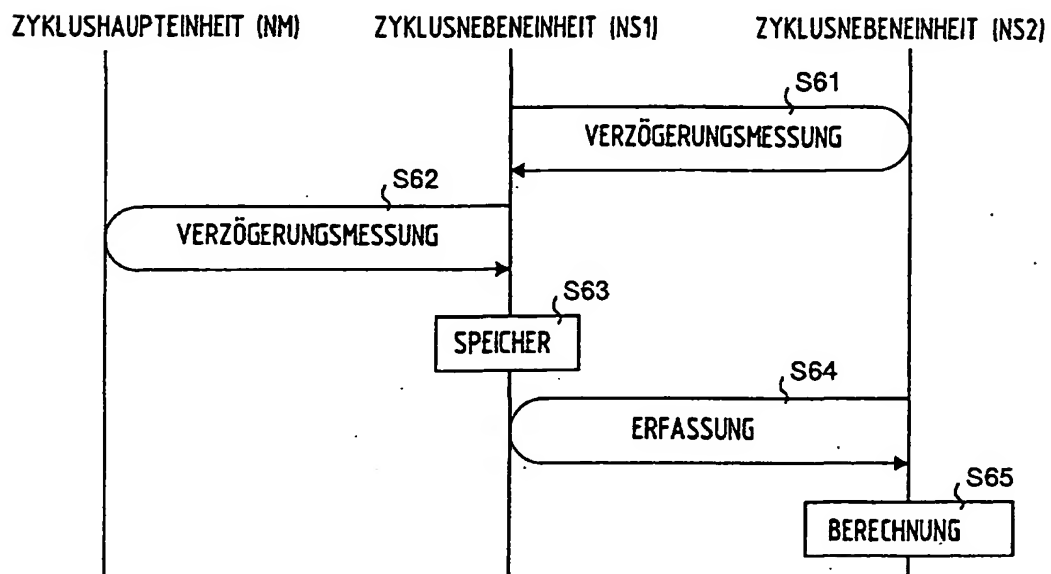


FIG.12

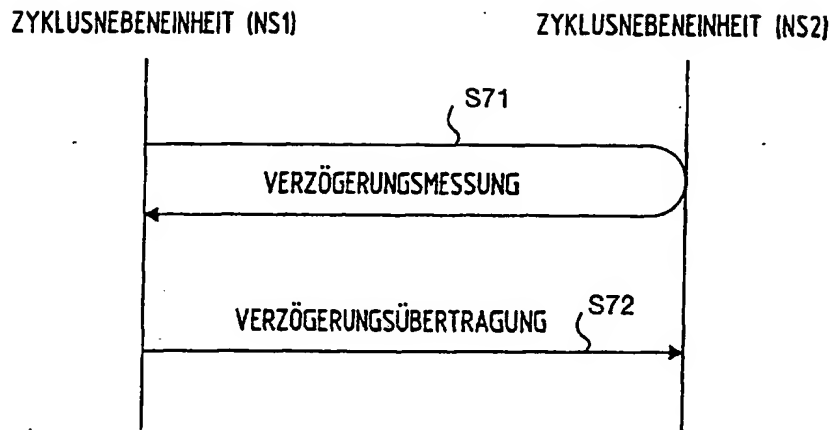


FIG.13

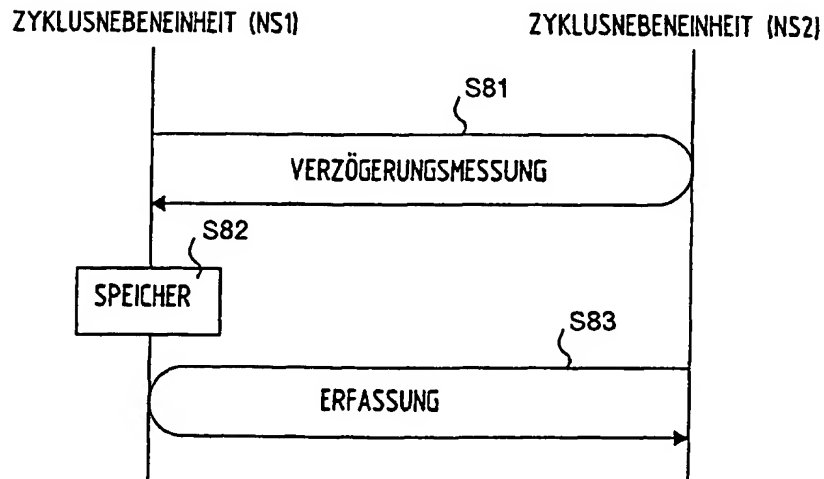


FIG.14

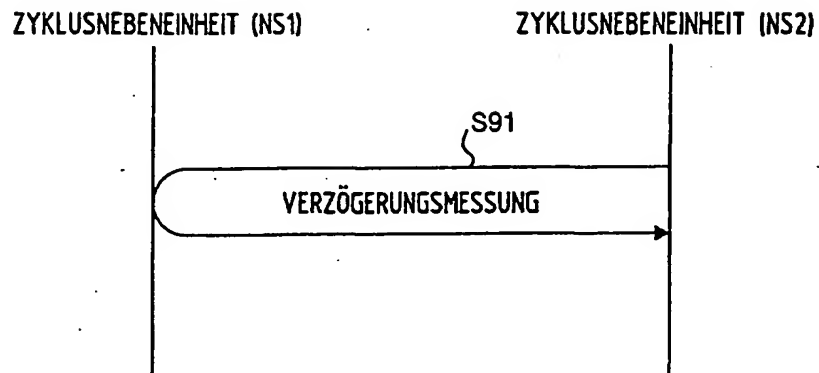


FIG.15

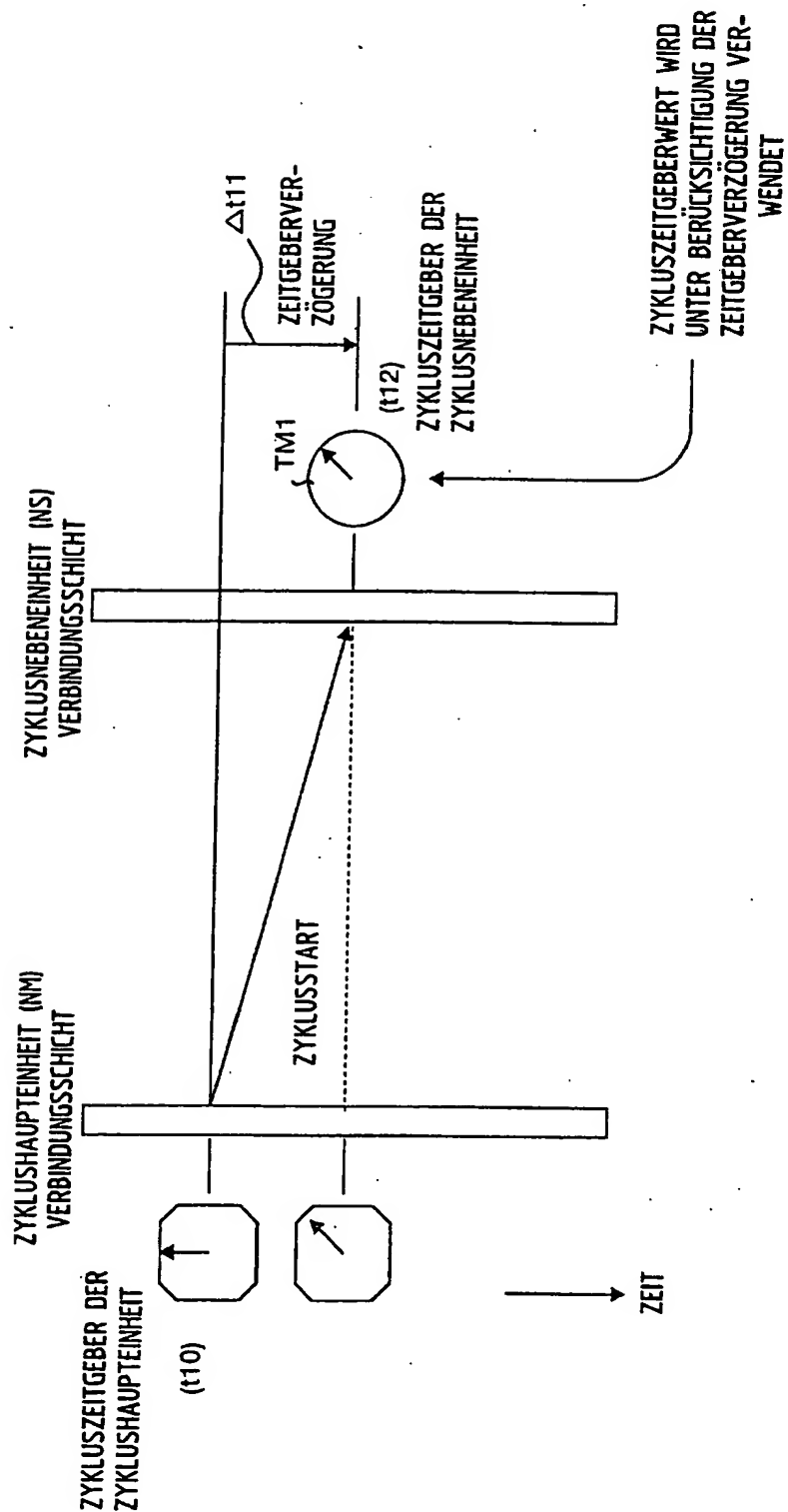


FIG.16

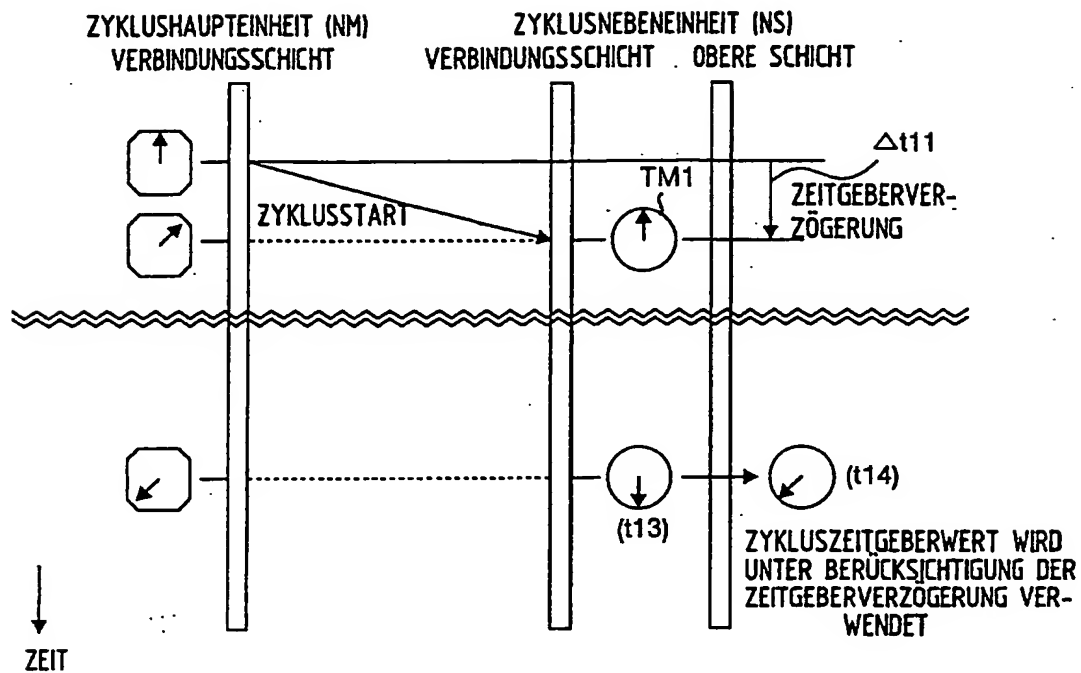


FIG.17

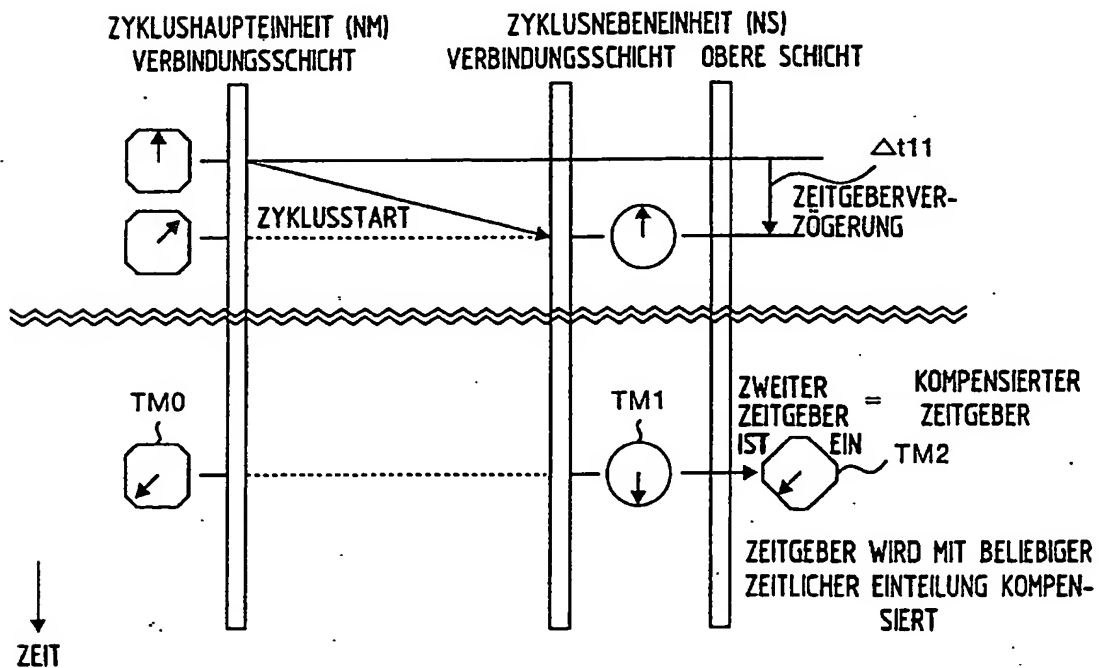


FIG.18

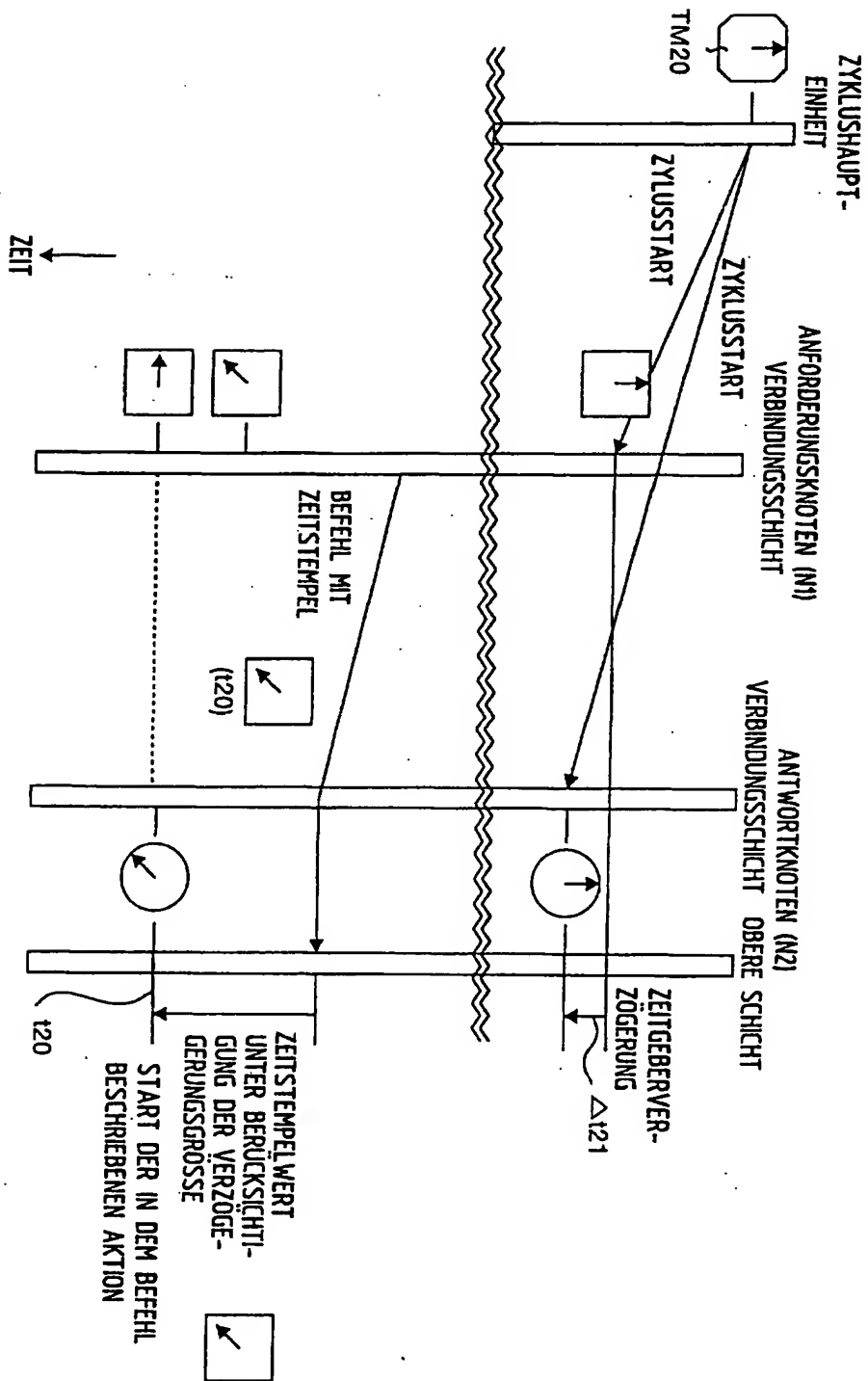


FIG.19

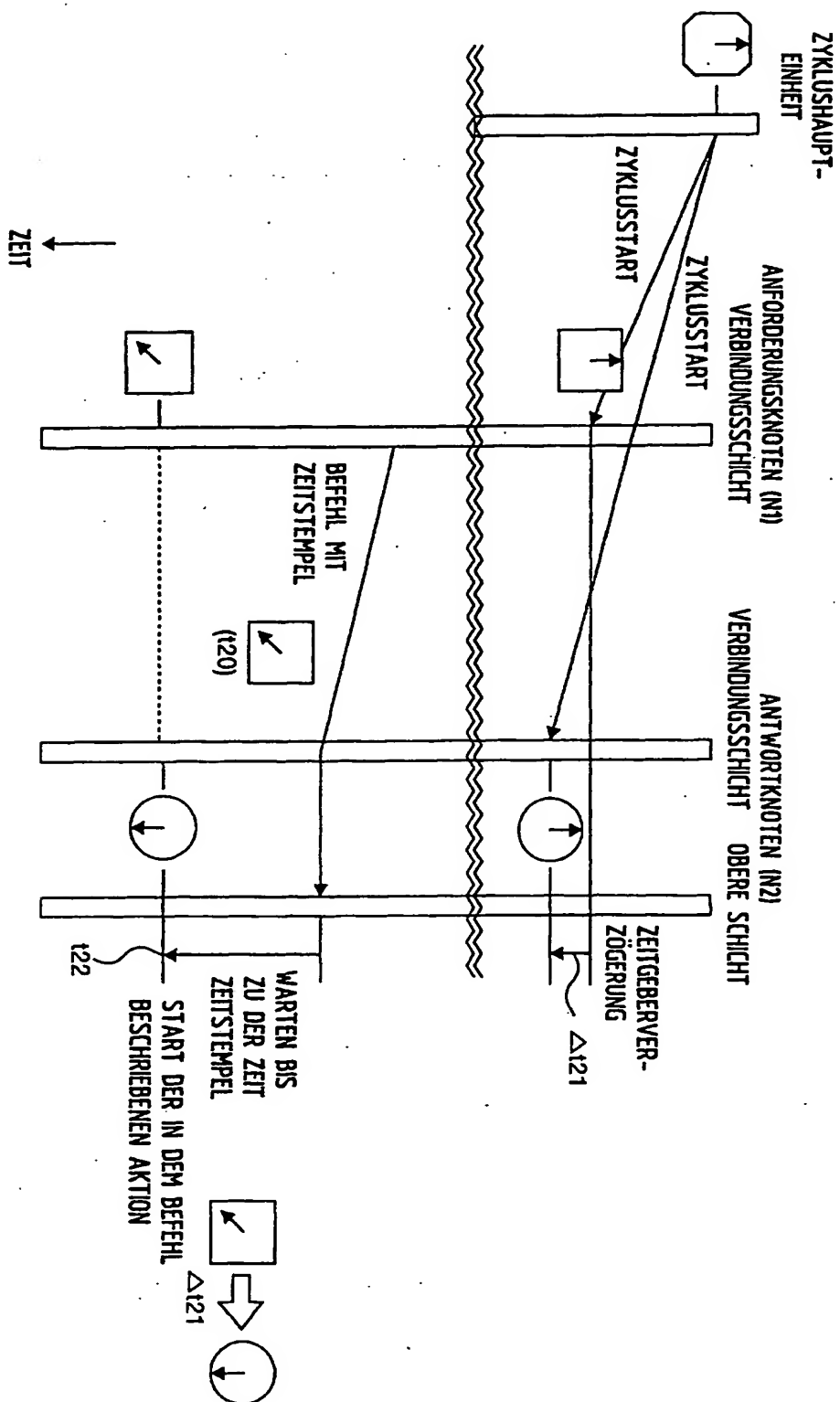




FIG.20

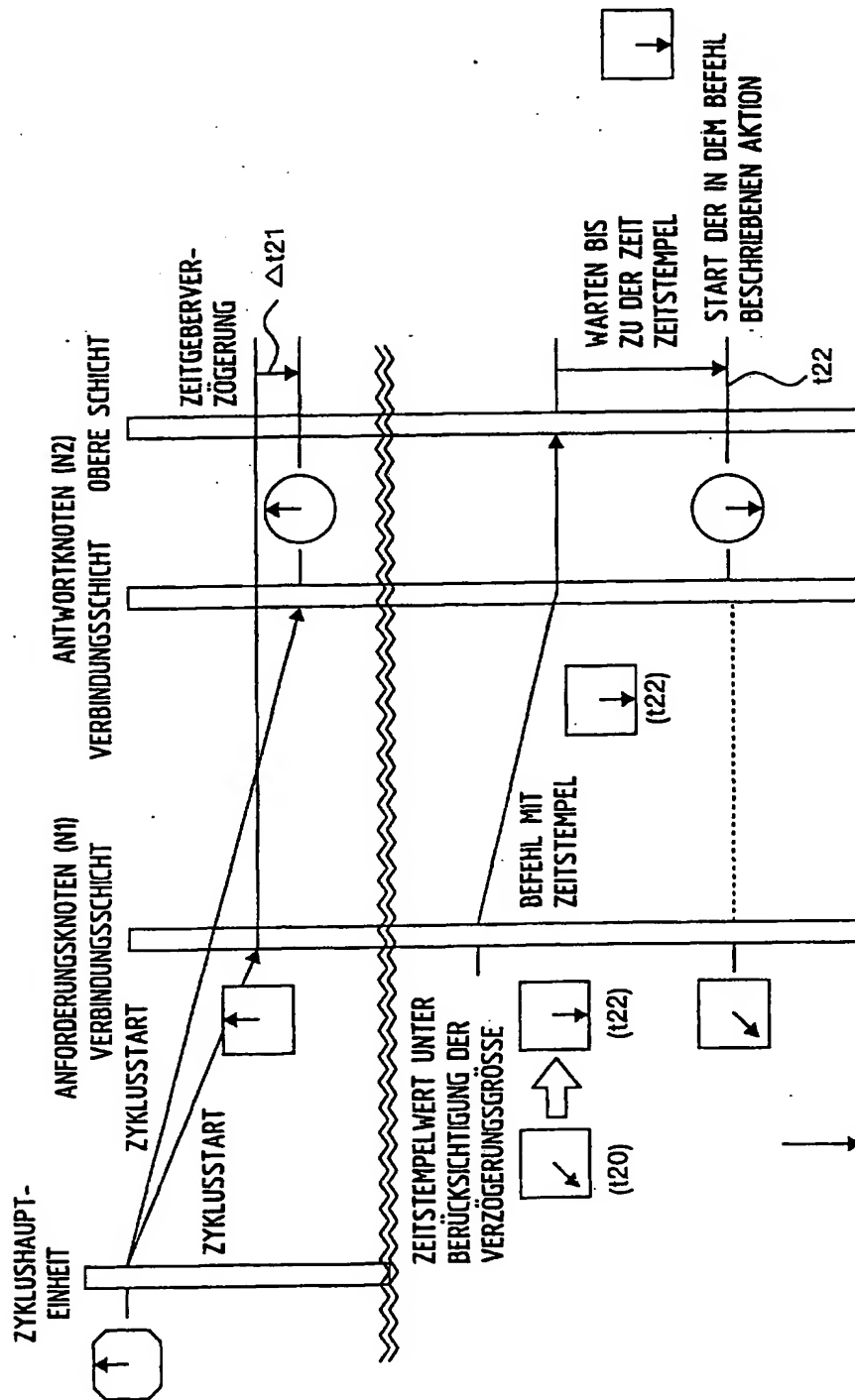
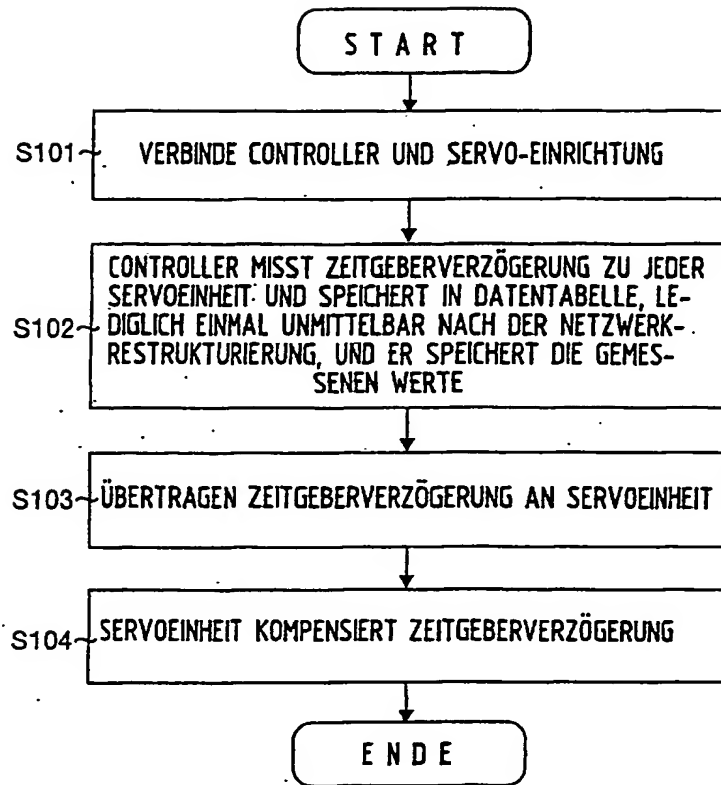


FIG.21



+ 23.01.08

FIG.22

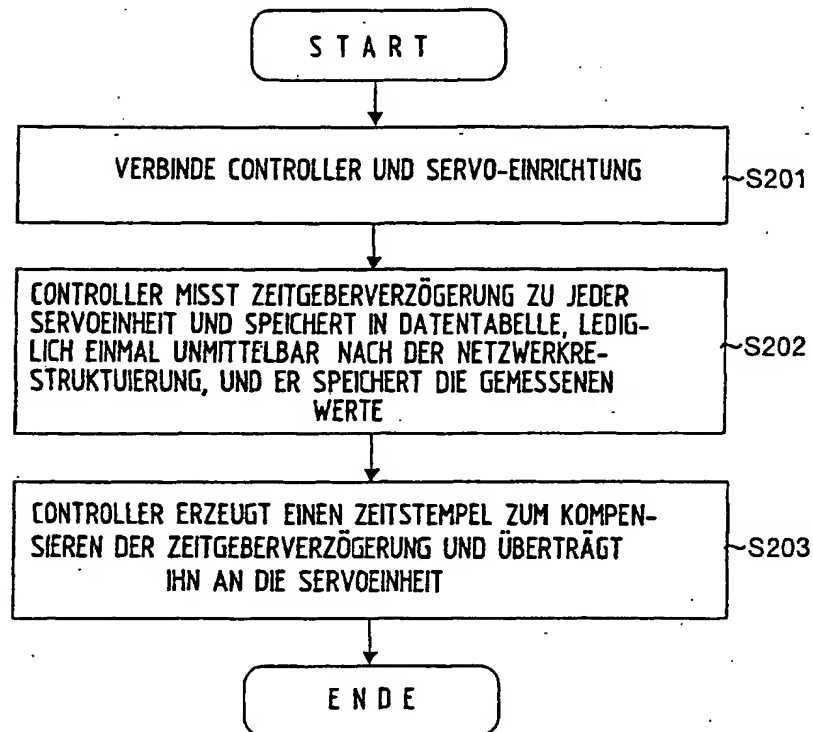


FIG.23

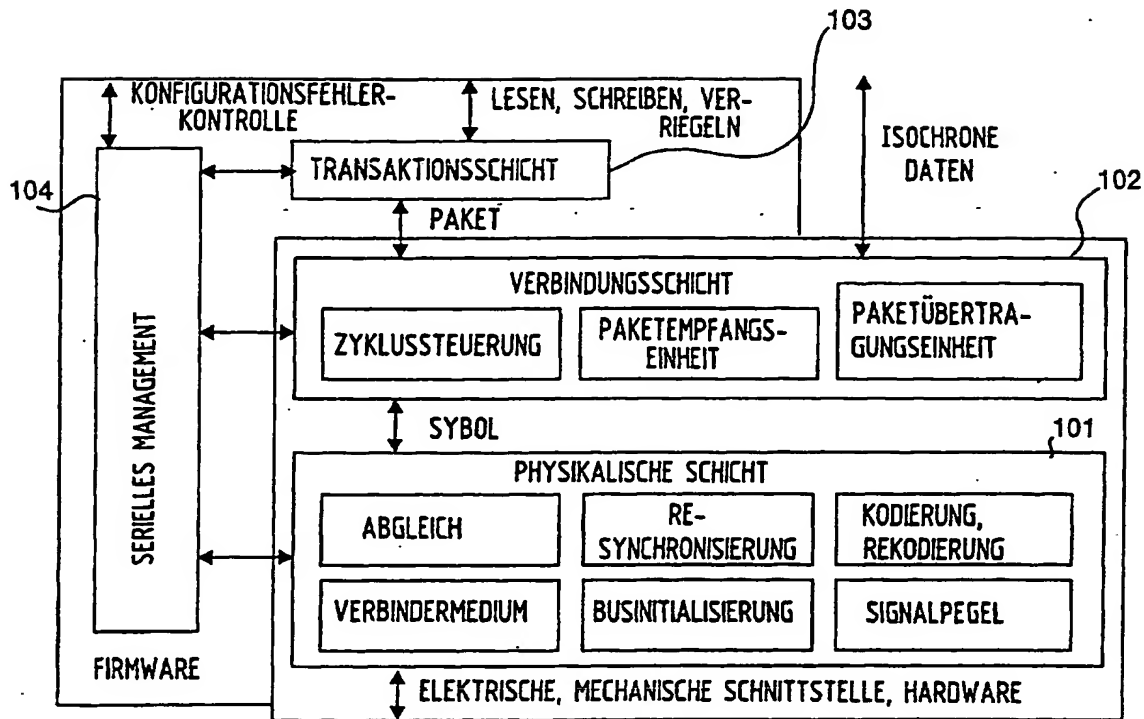


FIG.25

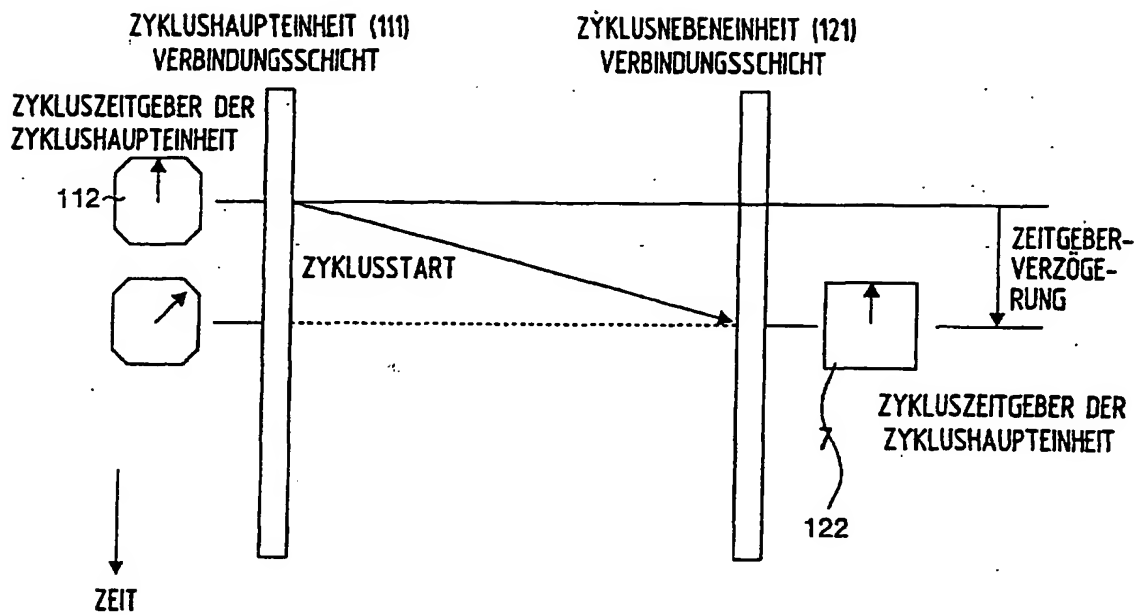


FIG.26

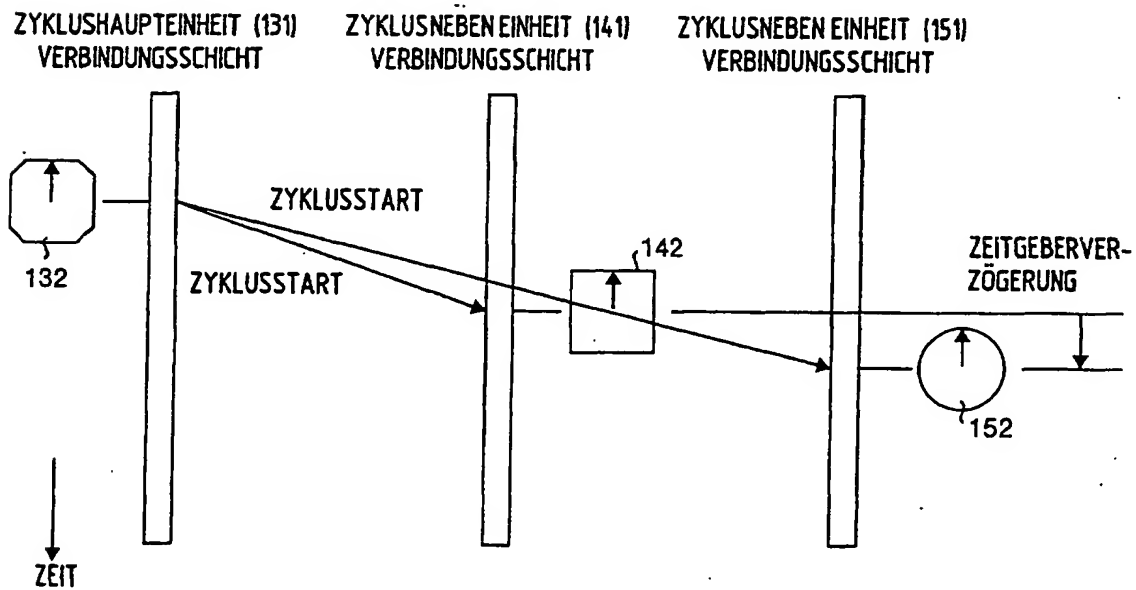


FIG.24

